



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

ИЗВЕСТИЯ

Уральского государственного
горного университета

NEWS

of the Ural State Mining University

Выпуск 3 (43), 2016

IUGGU.RU

ИЗВѢСТИЯ
☆
УРАЛЬСКАГО
ГОРНАГО
ИНСТИТУТА

въ
ЕКАТЕРИНБУРГЪ



ANNALES
DE
L'ECOLE SUPÉRIEURE
DES MINES
DE L'OURAL
A ÉKATHERINEBOURG.

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(43)

2016

Известия Уральского государственного
горного университета
2016, вып. 3

News of the Ural State
Mining University
2016, issue 3

Журнал выходит 4 раза в год

Published 4 times a year

Учредитель – Уральский государственный
горный университет

Founded by
Ural State Mining University

620144, Россия, Екатеринбург,
ул. Куйбышева, 30

30, Kuibyshev str., 620144, Ekaterinburg,
Russia

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.

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.

Журнал 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, редактор разделов «История университета» и «Юбилейные даты»

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»

Карsten 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. А. Гордеев – д-р техн. наук, профессор, Екатеринбург, Россия, Уральский государственный горный университет

Н. В. Гревцов – д-р техн. наук, профессор, Екатеринбург, Россия, Уральский государственный горный университет

Луиза Карстен – Dr, Ганновер, Германия

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,

editor of history

and anniversary sections

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 «Volkovgeologiya»)

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. A. Gordeev, Dr, Professor

(Ekaterinburg, Russia, Ural State Mining University)

N. V. Grevtsev, 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 ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ, ЗОНАЛЬНОСТЬ И ГЕНЕЗИС НОВОУЧАЛИНСКОГО КОЛЧЕДАННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)
П. И. Пирожок
- 13 РЕДКИЕ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В КИАНИТОВЫХ РУДАХ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА И УРАЛА
В. А. Коротеев, В. Н. Огородников, Ю. А. Поленов, А. Н. Савичев
- 20 СИНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ГЕОРИСКОВ В БАССЕЙНАХ ГОРНЫХ РЕК ТЯНЬ-ШАНЯ
Л. Э. Оролбаева, А. А. Мелешко
- 25 ОСОБЕННОСТИ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ КУЗБАССА
А. М. Шипилова, И. С. Семина
- 29 ПАКРУТСКОЕ ЗОЛОТОРУДНОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ТАДЖИКИСТАН) И ОСОБЕННОСТИ ЕГО ГЕНЕЗИСА
Н. Ф. Набиев, А. Р. Файзиев
- 34 ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛОВЫХ МЕТОДОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ НЕФТЯНЫХ ЗАЛЕЖАХ АЗЕРБАЙДЖАНА
Б. А. Багиров, А. М. Гаджиев
- 41 О ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ НЕАНТИКЛИНАЛЬНЫХ ЛОВУШЕК АЗЕРБАЙДЖАНА РАЗНОГО ТИПА
Т. Р. Ахмедов
- 46 СКВАЖИННАЯ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКА ПЛАСТИНООБРАЗНЫХ МАЛЫХ ИНТРУЗИЙ В РУДНЫХ ПОЛЯХ
В. М. Сапожников, К. М. Ермолаев, Д. Б. Kovtun
- 50 МИКРОСТРУКТУРЫ ЖИЛЬНОГО КВАРЦА ЭПИТЕРМАЛЬНОГО СЕРЕБРЯНОГО РУДОПРОЯВЛЕНИЯ АИД (ТАРЫНСКИЙ СУБВУЛКАНИЧЕСКИЙ МАССИВ, ВОСТОЧНАЯ ЯКУТИЯ)
О. А. Суставов
- 54 МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ НА РЕДКОМЕТАЛЛЬНОЕ И САМОЦВЕТНОЕ ОРУДЕНЕНИЕ НА ТЕРРИТОРИИ МУРЗИНСКО-АДУЙСКОЙ БЕРИЛЛИЕВОЙ (САМОЦВЕТНОЙ) СУБПРОВИНЦИИ
М. П. Попов
[In Russian, in English]
- 64 ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЬДООБРАЗОВАНИЯ В ГЛЫБОВЫХ МАССИВАХ ГОРНЫХ ПОРОД КРИОЛИТОЗОНЫ СЕВЕРНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ
И. И. Железняк, И. Ю. Мальчикова

CONTENTS

EARTH SCIENCES

- 7 GEOLOGICAL STRUCTURE, GENESIS AND ZONING OF NOVOUCHALINSK MASSIVE SULFIDE DEPOSIT (SOUTH URALS)
P. I. Pirozhok
- 13 RARE AND RARE-EARTH ELEMENTS IN KYANITE ORES OF KOLA PENINSULA AND THE URALS
V. A. Koroteev, V. N. Ogorodnikov, Yu. A. Polenov, A. N. Savichev
- 20 SYNERGISTIC EFFECTS DURING THE FORMATION OF GEOHAZARDS IN THE MOUNTAIN RIVER BASINS OF THE TIEN SHAN
L. E. Orolbaeva, A. A. Meleshko
- 25 FEATURES OF PHYSICAL PROPERTIES OF SOIL OF TECHNOGENIC LANDSCAPES OF FOREST-STEPPE ZONE OF KUZBASS
A. M. Shipilova, I. S. Semina
- 29 PAKRUTSK GOLD DEPOSIT (CENTRAL TAJIKISTAN) AND SPECIFICS OF ITS GENESIS
N. F. Nabieva, A. R. Fayziev
- 34 FEATURES OF HEAT METHODS OF INFLUENCE ON DEVELOPED OIL DEPOSITS OF AZERBAIJAN
B. A. Bagirov, A. M. Gadzhiev
- 41 ON THE GEOLOGIC EFFICIENCY OF SEISMIC PROSPECTING IN STUDYING DIFFERENT TYPES OF NON-ANTICLINAL TRAPS OF AZERBAIJAN
T. R. Akhmedov
- 46 WELL ELECTRICAL PROSPECTING OF PLATELIKE MINOR INTRUSIONS IN THE ORE FIELDS
V. M. Sapozhnikov, K. M. Ermolaev, D. B. Kovtun
- 50 VEIN QUARTZ MICROTEXTURES AT THE EPITHERMAL SILVER OCCURRENCE AID (TARYNSKY SUBVOLCANIC MASSIF, EASTERN YAKUTIA)
O. A. Sustavov
- 54 MINERALOGICAL SIGNS OF RARE-METAL AND SEMI-PRECIOUS ORE MINERALIZATION IN THE MURZINSKAYA-ADUYSKAYA BERYLLIUM (GEMSTONE) SUBPROVINCE
M. P. Popov
[In Russian, in English]
- 64 INVESTIGATION OF ICE FORMATION IN THE LUMP ROCK MASSIFS OF CRYOLITHOZONE OF THE NORTHERN TRANSBAIKALIA
I. I. Zheleznyak, I. Yu. Mal'chikova

<p>67 ТЕОРИЯ РАСЧЕТА УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ И ОСНОВАНИЙ. Устойчивость отвалов А. В. Жабко</p> <p>ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ</p> <p>70 К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА КАРЬЕРНЫХ АВТОДОРОГ Ю. И. Лель, С. А. Арефьев, А. В. Глебов, Д. Х. Ильбульдин</p> <p>74 ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ Л. И. Андреева, Ю. Ю. Ушаков</p> <p>78 РАСЧЕТ ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВАТЕЛЯ ЗАБОЯ НЕФТЬЯНОЙ СКВАЖИНЫ А. М. Бурмакин, Е. С. Вильданов, Е. М. Огарков</p> <p>82 ОЦЕНИВАНИЕ ЗЕМЛЕЁМКОСТИ УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗОВ ИЗМЕНЕНИЕМ СИСТЕМЫ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ А. В. Селюков</p> <p>87 ПЫЛЕОБРАЗОВАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЫЛИ ГОРНЫХ ПОРОД НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТАХ С. Я. Давыдов, Н. Г. Валиев, Н. М. Суслов, А. Н. Семин, А. И. Ермолаев, Т. Н. Черемисина, М. С. Филатов</p> <p>91 СНИЖЕНИЕ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ ПРИРОДНУЮ СРЕДУ ПРИ РАЗРАБОТКЕ КРУТОНАКЛОННЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ Б. А. Анферов, Л. В. Кузнецова</p> <p>ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ</p> <p>95 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ ООПТ, РЕАЛИЗУЮЩИХ ПРИРОДООХРАННЫЕ ФУНКЦИИ А. А. Литвинова, М. Н. Игнатьева, Л. М. Морозова, М. С. Кубарев [In Russian, in English]</p> <p>105 ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МОДЕРНИЗАЦИИ ЭКОНОМИКИ РОССИИ Л. А. Мочалова</p> <p>109 ГОСУДАРСТВЕННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ТРАНСНАЦИОНАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЦЕПОЧЕК С УЧАСТИЕМ РОССИЙСКИХ КОМПАНИЙ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО КОМПЛЕКСА В РОССИЙСКОЙ АРКТИКЕ Е. Н. Ветрова, Л. В. Лапочкина, Л. В. Минченко</p> <p>115 ЗЕМЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ АРКТИЧЕСКИХ РАЙОНОВ: ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В. Г. Логинов, В. В. Балашенко, О. С. Брянцева</p> <p>ИСТОРИЯ ГОРНОГО ДЕЛА НА УРАЛЕ</p> <p>119 ИСТОРИЯ УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОГО МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА Ю. В. Ерохин, Ю. А. Поленов, А. Г. Шорин</p> <p>ИСТОРИЯ УГГУ</p> <p>123 УРАЛЬСКИЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ ВО ВЛАДИВОСТОКЕ Н. В. Хисамутдинова</p> <p>ДИСКУССИЯ</p> <p>127 О СОВРЕМЕННЫХ НАУЧНЫХ ИЗДАНИЯХ НА ПРИМЕРЕ ЖУРНАЛА «ИЗВЕСТИЯ УГГУ» А. Г. Шорин</p>	<p>67 THEORY OF CALCULATION OF THE STABILITY OF SLOPES AND BASES. Stability of dumps A. V. Zhabko</p> <p>ENGINEERING SCIENCES</p> <p>70 THE ISSUE OF QUALITY ASSESSMENT OF QUARRY ROADS Yu. I. Lel', S. A. Aref'ev, A. V. Glebov, D. Kh. Il'bul'din</p> <p>74 RESEARCH OF OPERATIONAL RELIABILITY OF QUARRY DUMP TRUCKS L. A. Andreeva, Yu. Yu. Ushakov</p> <p>78 CALCULATION OF INDUCTION HEATERS FOR OIL BOTTOMHOLE A. M. Burmakin, E. S. Vil'danov, E. M. Ogarkov</p> <p>82 EVALUATION OF GROUND CAPACITY OF COAL MINES BY MODIFICATION OF OPENCAST MINING SYSTEM A. V. Selyukov</p> <p>87 DUST FORMATION AND USE OF ROCKS DUST AT INDUSTRIAL SITES S. Ya. Davydov, N. G. Valiev, N. M. Suslov, A. N. Semin, A. I. Ermolaev, T. N. Cheremisina, M. S. Filatov</p> <p>91 REDUCING THE NEGATIVE IMPACT ON THE NATURAL ENVIRONMENT DURING STEEPLY INCLINED COAL SEAMS B. A. Anferov, L. V. Kuznetsova</p> <p>ECONOMIC SCIENCES</p> <p>95 GUIDELINES FOR THE ECONOMIC EVALUATION OF PROTECTED AREAS, IMPLEMENTING ENVIRONMENTAL PROTECTION FUNCTIONS A. A. Litvinova, M. N. Ignat'eva, L. M. Morozova, M. S. Kubarev [In Russian, in English]</p> <p>105 ENVIRONMENTAL ASPECTS OF MODERNIZATION OF THE RUSSIAN ECONOMY L. A. Mochalova</p> <p>109 STATE REGULATION OF TRANSNATIONAL TECHNOLOGICAL CHAINS INVOLVING RUSSIAN COMPANIES OF THE MINERAL COMPLEX IN THE RUSSIAN ARCTIC E. N. Vetrova, L. V. Lapochkina, L. V. Minchenko</p> <p>115 LAND RESOURCES OF THE ARCTIC REGIONS: ECONOMIC ASSESSMENT AND USE V. G. Loginov, V. V. Balashenko, O. S. Bryantseva</p> <p>HISTORY OF MINING IN THE URALS</p> <p>119 THE HISTORY OF THE URAL BRANCH OF THE RUSSIAN MINERALOGICAL SOCIETY Yu. V. Erokhin, Yu. A. Polenov, A. G. Shorin</p> <p>HISTORY OF THE URAL STATE MINING UNIVERSITY</p> <p>123 URAL MINING INSTITUTE IN VLADIVOSTOK CITY N. V. Khisamutdinova</p> <p>DISCUSSION</p> <p>127 ABOUT MODERN SCIENTIFIC EDITIONS ON THE EXAMPLE OF THE «NEWS OF THE URSMU» JOURNAL A. G. Shorin</p>
---	---

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 553.31+550.81 (470.5)

DOI 10.21440/2307-2091-2016-3-7-12

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ, ЗОНАЛЬНОСТЬ И ГЕНЕЗИС НОВОУЧАЛИНСКОГО КОЛЧЕДАННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

П. И. Пирожок

Geological structure, genesis and zoning of Novouchalinsk massive sulfide deposit (South Urals)

P. I. Pirozhok

This article describes the history of discovery, exploration and subsequent geological study of one of the largest copper-zinc pyrite deposits of the Southern Urals – Novouchalinsk and determination of its position in the regional geologic structures. The authors described geological section of the deposit, including the strata and formation members of volcanic rocks of rhyolite-basalt subformations (Karamalytash formation D₂ef-zv with horizons) of sulfide ores. The strata of the basalt-rhyolite subformation initially bedded subhorizontally underwent synfolded and rupturing deformations. Leading contemporary structure of the deposit, as well as ore field as a whole, is a compressed, meridionally elongated anticlinal fold. It has the ore controlling value. Fold has inherited the element of western edge of a large buried paleovolcano. At the core of the fold is a fragment of this volcano (the lower basalt strata), which is covered with rhyolite-basalt and overlying strata. The authors characterize leading textural varieties of ores: massive, layered breccia, complex.

The article contains the proof that zonal structure of the ore deposit field and features of its concentration within the main ore forming components. Obtained data indicates that the formation of deposit occurred because of two main processes: sulphide deposits in the areas hydrothermal fluids outputs; and subsequent destruction of the mechanical movement of the ore material. Executed paleoreconstruction of the ore field has allowed identifying three ore extracting centers, over which ore hills formed. Their destruction led to appearance of the brecciated and layered breccia ore. Ores with the highest content of sulfur and copper are localized above the effluent channels of hydrothermal fluids, and enriched with zinc – in the overlying rock and on the flanks of emerging centers. Novouchalinsk deposit is the main backup object of Uchalinsk ore mining and processing enterprise.

Keywords: Uchalinsk ore field; Novouchalinsk deposit; volcanic strata; facies; the morphology of the ore bodies; mineral associations; paleoreconstruction structure of the ore field.

К 30-летию открытия Новоучалинского месторождения

Рассмотрена история открытия, разведки и последующего геологического изучения одного из крупнейших медно-цинковых колчеданных месторождений Южного Урала – Новоучалинского. Определено его положение в региональных геологических структурах. Описан геологический разрез месторождения, включающий толши и пачки вулканогенных пород риолит-базальтовой субформации (карамалыташской свиты D₂ef-zv с горизонтами) сульфидных руд. Отмечено, что толши риолит-базальтовой субформации, первоначально залегавшие близгоризонтально, подверглись синекладчатым и разрывным деформациям. Ведущей современной структурой месторождения, как и рудного поля в целом, является скатая мериционально вытянутая антиклинальная складка. Она имеет рудоконтролирующее значение. Складка унаследовала элемент западного борта крупного погребённого палеовулкана. В ядре складки располагается фрагмент этого вулкана (нижняя базальтовая толща), который обляется риолито-базальтовой и вышележащими толщами. Охарактеризованы ведущие текстурные разновидности руд: массивные, слоисто-брекчевые, сложные.

Обосновывается зональное строение рудной залежи месторождения и особенности концентрации в её пределах основных рудообразующих компонентов. Полученные данные свидетельствуют в пользу того, что формирование залежи происходило в результате двух основных процессов: отложения сульфидов в местах выхода гидротерм; последующего разрушения и механического перемещения рудного вещества. Выполненная палеореконструкция рудного поля позволила выделить три рудовыводящие центры, над которыми формировались рудные холмы. За счет их разрушения возникли брекчевые и слоисто-брекчевые руды. Руды с наибольшим содержанием серы и мели локализованы над выволовшими каналами гидротерм, а обогащенные цинком – в кровле залежи и на флангах выхолящих центров.

Новоучалинское месторождение является главным резервным объектом Учалинского ГОКа.

Ключевые слова: Учалинское рудное поле; Новоучалинское месторождение; вулканические толщи; фации; морфология рудных тел; минеральные ассоциации; палеореконструкции структуры рудного поля.



открытие и разведка

Новоучалинское медно-цинковое колчеданное месторождение открыто в 1986 г. Межозерной ГРП

Уральской ГРЭ УГМР МЦМ СССР при реализации проекта поисково-оценочных работ (авторы А. М. Диденко, П. И. Пирожок, В. П. Кизянов, П. А. Конюхов, 1983) на южном фланге Учалинского рудного поля [1]. Новоучалинское месторождение является главной резервной минерально-сырьевой базой ОАО УГОК на Учалинской промплощадке.

Геологическим обоснованием постановки поисково-оценочных работ на площади послужило отсутствие южного замыкания антиклинальной структуры Учалинского месторождения, выразившееся в продолжении к югу риолит-дакитовой толщи, пирокластические фации которой местами были преобразованы во вторичные кварциты и сланцеватые разности с рассеянной сульфидной минерализацией; основная часть разреза сложена плотными серовато-вишневыми (пятнистыми) фельзито-видными риолито-дакитами. Также было известно, что на южном фланге Учалинского рудного поля расположены рудоуправления Юго-Восточное, Берёзки и др. Поэтому было необходимо выяснить, продолжается ли учалинская кремнекислая толща до отмеченных рудоуправлений; какова ее мощность, глубины залегания, характер изменений, наличие сульфидных руд и т. д.

Из геологических материалов также следовало, что потенциально рудоносная толща имеет тенденцию погружения к югу с перекрытием кровли миндалекаменными базальтами. Согласно этим предпосылкам и результатам поисковования северного фланга месторождения, выполненного по предложению П. И. Пирожка и проекту А. М. Диденко, методика поисково-оценочных работ на колчеданное оруденение на южном фланге Учалинского рудного поля заключалась в бурении наклонных колонковых скважин глубиной до 1200 м по сетке 400 × 1000 м на профилях, ориентированных вкrest субмеридионального простириания рудоносной структуры в комплексе с геофизическими и геохимическими исследованиями [1].

На стадии поисково-оценочных работ (1983–1988) было пробурено 32 скважины, из них 7 рудных, глубиной от 544–900 до 1200–1224 м по сетке 500–550 × 400–450 м.

На стадии предварительной разведки пробурено 29 скважин, из них 24 рудных и 8 гидрогеологических общим объемом 40 340 м, глуби-

ной 750–1960 м. Разведочная сеть составила между профилями 83–156 м, по падению рудного тела 85–155 м [2]. Подсчитанные запасы в три раза превзошли прогнозируемые по проекту ресурсы, составив 3980 тыс. т (медь + цинк).

Из керна скважин были отобраны и исследованы на обогатимость с использованием оборотной воды Учалинской ОФ 36 малообъемных (40–60 кг) и 18 укрупненных (150–200 кг) сортовых технологических проб, что имело важное значение для объективной промышленной (и технологической) оценки руд месторождения по сортам как в группах блоков, так и в целом по залежи. При этом использовалась методика, разработанная и апробированная ОАО УГОК по опережающему геолого-технологическому опробованию руд (ОГТО) [3].

Запасы Новоучалинского месторождения были подсчитаны по кондициям МЦМ СССР (Протокол № 625-ВК от 15.03.1991 г.), утвержденны Комитетом по металлургии РФ (Протокол № 3950 от 25.03.1996 г.) и РКЗ Госкомгеологии Республики Башкортостан (Протокол № 2/966 от 25.05.1998 г.) по категориям C₁ и C₂, что дало возможность начать проектирование и строительство рудника, минуя стадию детальной разведки, которая (уже как доразведка или эксплуатационная разведка) экономически целесообразна лишь после вскрытия месторождения шахтными стволами [2].

В связи с интенсивной отработкой запасов Учалинского месторождения и учетом необходимости опережающей подготовки рудной базы для своевременного восполнения выбывающих мощностей Учалинский ГОК в 2005 г. подготовил документ «Основные инженерные решения и предварительная оценка промышленной разработки Новоучалинского месторождения», который был одобрен техсоветом предприятия и Советом директоров УГМК (2006).

Структура рудного поля; геологическое строение

Новоучалинское и находящееся в 1,5 км к северу от него Учалинское месторождения образуют Учалинское рудное поле, представляющее собой сложно деформированную вулканическую структуру [4] в северной части Учалинско-Александрийской структурно-формационной зоны Магнитогорского мегасинклиниория [5]. Последний, по данным Е. П. Ширая и В. С. Требухина [6, 7], представляет собой систему двойных палеостровных дуг, разделенных зоной спрединга на месте глубокого Центрально-Магнитогорского прогиба, выполненного вулканогенно-осадочными породами верхнего девона–нижнего карбона. Отмеченные месторождения приурочены к субмеридиональной полосе развития риолит–базальтовой субформации карамалыташской свиты (D₂ef-zv) в центральной и северо-восточной частях Учалинского рудного района. Эта полоса, имея ширину 20–30 км на широте города Учалы, сужается на севере до 10–15 км, на юге до 5–2 км. Она состоит из двух вулканогенных гряд – Сафаровско-Учалинской и примыкающей к ней с запада Кокбаш-Курпалинской [7]. Для вулканитов рудного поля характерны толеитовый состав и преобладание базальтов над кислыми породами. Контуры рудного поля определяются развитием (на доступных для изучения глубинах) риолит–дацитовой толщи, простирающейся на 18 км в северо-северо-восточном направлении. К ее кровле приурочен рудоносный уровень обоих месторождений [3, 7].

Разрез Новоучалинского месторождения слагают следующие толщи и пачки вулканогенных пород риолит–базальтовой субформации (карамалыташской свиты D₂ef-zv) и лежащие в разрезе сульфидные руды (снизу вверх):

– первая (нижняя) базальтовая толща мощностью 100–200 м, по геофизическим данным – более 1 км – представлена массивными глыбовыми, преимущественно афировыми лавами; эти базальты являются фрагментами крупного субмаринного вулканогенного поднятия типа щитовидного палеовулкана, пережившего кальдерную стадию развития [3, 7];

– вторая риолит–дацитовая толща мощностью 200–600 м сложена фельзитовидными мелко- и базокварцевыми риолит–дацитами экструзивно-лавовых фаций с однородными и флюидальными текстурами; межкупольные впадины заполнены туфами и кластолавами того же состава мощностью до 200 м; соотношения витрокластов и литокластов, гранулометрический состав, степень сложенности обломков и характер слоистости в них широко варьируют;

– колчеданная залежь мощностью до 180 м сложена преимущественно сплошными халькопирит–пиритовыми (МК), халькопирит–сфalerит–пиритовыми (МЦК), незначительно пиритовыми (СК) и цинково–пиритовыми (ЦК) рудами; залежь залегает непосредственно на мелкообломочных туфах кислого состава, а на флангах переслаивается с ними;

– полифазальная пачка туфогенно-осадочных пород мощностью 0–150 м с прослоями кислых и основных лав, перекрывающая рудную залежь на значительной ее площади;

– третья толща шарово–подушечных пиллоу–лав базальтов мощностью более 800 м, перекрывающая туфогенную пачку, а местами и рудное тело, состоит из множества потоков мощностью 10–20 м, которые либо наслаживаются друг на друга закаленными поверхностями, либо раз-

деляются пластами или линзами гиалокластитов, также выполняющими межподушечные пространства; среди базальтовых потоков преобладают мелковкрапленные (до 1 мм) разности, содержащие 8–10 % зерен плагиоклаза и клинопироксена; текстура пород афировая, миндалекаменная; микроструктура основной массы апоинтерсептальная, гиалопилитовая. В верхах разреза наблюдаются базальты с крупными (5–7 мм) вкрапленниками пироксена;

– четвертая толща мощностью до 1 км представлена разнообломочными (от глыбовых до лапиллиевых) миндалекаменными пирокластами пироксен–плагиоклазовых базальтов (шлаковая толща, по А. И. Шмидту); она образует две полосы меридионального простириания, с запада и востока окаймляющие ареал пиллоу–лав третьей толщи; шлаки почти согласно залегают на пиллоу–лавах; в западной части поля они наклонены к западу под углами 75°–85°; на востоке имеют падение к востоку под углами 50°–60°.

В четвертой толще выделены окологерловые, промежуточные и удаленные фации.

Окологерловые фации представлены крупноглыбовыми (0,5–3,0 м) лавоагломератами и туфоагломератами плагиопорфиритовых и пироксен–плагиопорфиритовых базальтов, сцепментированных лапиллиевыми и мелкообломочными туфами. Размер вкрапленников изменяется от 0,3 до 1 см. Микроструктуры пород: гиалопилитовая, пилотакситовая, интерсеральная.

Промежуточные фации представлены лапиллиевыми туфами с включениями вулканических глыб и прослоями мелкообломочных туфов и туфопесчаников.

Среди удаленных фаций развиты мелкообломочные туфы, туфопесчаники с примесью пепловых и шлаковых частиц.

На флангах месторождения, надстраивая разрез четвертой толщи, встречаются экструзивные купола базокварцевых дацитов с лавопирокластическими шлейфами, которые, расцепляясь по простирианию, переслаиваются с окружающими базальтовыми порфиритами. К кровле некоторых из этих куполов приурочены Юго-Восточное, Курпалинское, Контрольное и другие рудопроявления.

Е. П. Шираем, И. Б. Серавкиным установлено, что подрудные и надрудные базальты риолит–дацитовой субформации относятся к толеитовой серии, обладают повышенной глиноземистостью, низкими содержаниями кальция, магния, титана, имеют резко пониженное содержание хрома и никеля. Пироксен–плагиопорфиритовые базальты четвертой толщи характеризуются низким содержанием кремнезема и повышенной глиноземистостью; кислые породы, связанные с ними, отвечают натривым дацитам и риолито–дацитам [6, 7].

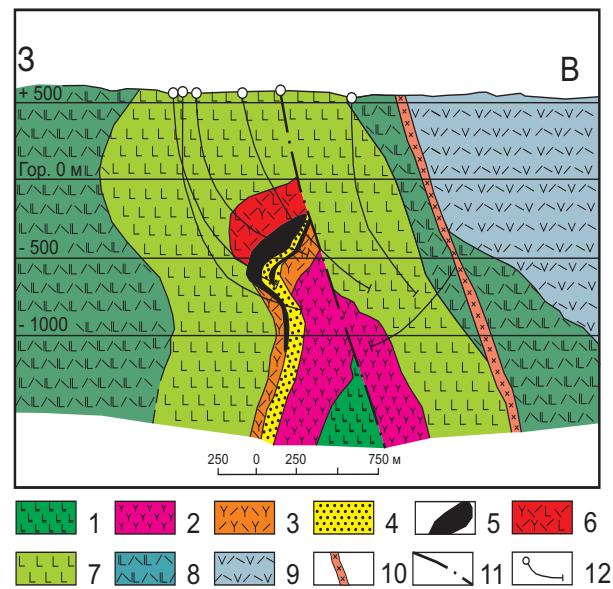


Рисунок 1. Субширотный разрез по разведочной линии через центральную часть Новоучалинского месторождения. 1–4 – подрудные породы: 1 – лавы базальтов; 2 – риолито-дациты; 3 – туфы риолито-дацитов; 4 – туфогенно-осадочные и гидротермально-осадочные породы; 5 – сплошные медно-цинковые колчеданные руды; 6 – надрудные породы; 6 – полифазальная пачка туфогенно-осадочных пород с небольшими телами кислых и основных лав; 7 – шарово-подушечные пиллоу-лавы базальтов; 8 – агломератовые и лапиллиевые шлакотуфы пироксен-плагиопорфиритовых базальтов; 9 – туфы и лавы андезибазальтов; 10 – интрузивные тела мицодиоритов; 11 – разлом; 12 – скважины / Figure 1. Sublatitudinal section along the exploration line through the center of Novouchalinsk deposit.

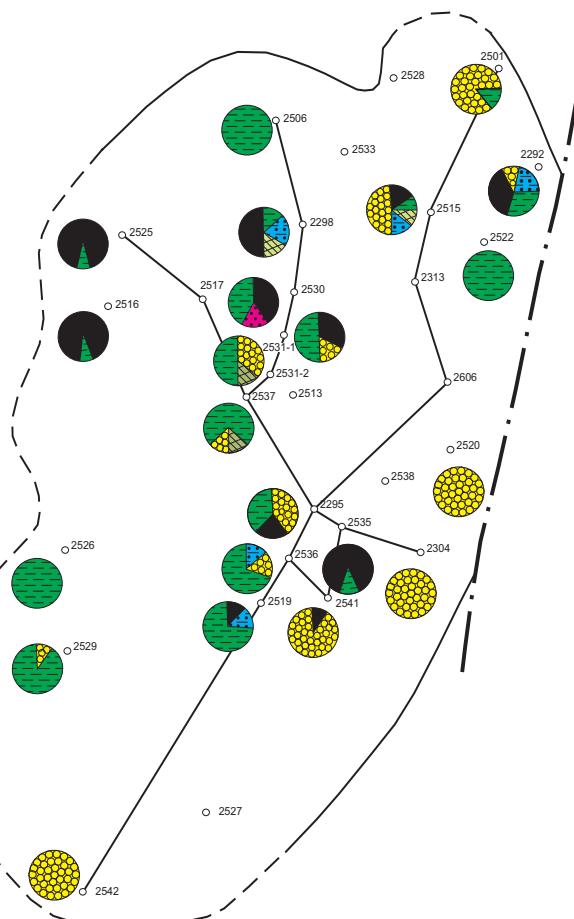


Рисунок 2. Распределение текстурных типов руд на горизонтальной проекции залежи Новоучалинского месторождения. Условные обозначения – на рис. 3 / Figure 2. Distribution of textural types of ore in the horizontal projection of Novouchalinsk deposit.

Рассмотренные толщи риолит-базальтовой субформации, первоначально залегавшие близгоризонтально, подвержены син vulканическим складчатым и разрывным деформациям. Главной современной структурой Новоучалинского месторождения, как и рудного поля в целом, явля-

ется сжатая меридионально вытянутая антиклинальная складка, выделенная ранее А. И. Шмидтом, М. Б. Бородаевской, П. И. Пирожком и др. под названием Малоучалинскими антиклиналиами [4, 5]. Эта складка унаследовала элемент западного борта соммы крупного погребенного базальтового палеовулкана. В ядре складки располагается фрагмент этого вулкана (нижняя базальтовая толща), который облекается риолит-базальтовой и вышележащими толщами. Как видно на разрезе (рис. 1), складка асимметрична: западное ее крыло залегает субвертикально с элементом запрокидывания в нижней части и лишь на глубине у него появляется тенденция к выплаживанию. Восточное крыло складки положе западного и наклонено к востоку в среднем под углом 60°. Оно осложнено син vulканическим разрывом, конформным складке. О син vulканической природе складки свидетельствует то, что слагающие ее породы и руды не подвержены динамометаморфизму.

Колчеданные залежи Новоучалинского и Учалинского месторождений залегают на одном уровне – на мелкобломочных туфах кислого состава. Обе залежи расположены симметрично, соответственно на южном и северном флангах риолит-дацитового вулканокупола. Рудные тела характеризуются различными текстурами (рис. 2) и локализованы на склонах купола в вулканодепрессиях, выполненных туфогенно-осадочными породами.

Колчеданная залежь Новоучалинского месторождения залегает на контакте кислой толщи и перекрывающей ее базальтовой толщи в западном крыле Учалинской антиклинальной складки. Залежь вместе с вмещающими породами приобрела субвертикальное положение против первичного близгоризонтального; северный фланг залегает на глубинах 600–700 м, южный – до 1200 м. Представляет собой субмеридионально вытянутое линзовидное тело, прослеженное по простирию на 1200 м и падению на 700 м. В поперечном сечении (рис. 1) тело имеет вид асимметричной линзы с резко раздвоенной, туповыклинивающейся верхней и постепенно уплощающейся нижней частями. В продольном сечении, по нормали залеганию его центральной раздвоенной части, форма рудного тела представляет собой выпуклую вниз линзу с двумя (северным и южным) раздувами мощности и плавным выплыниванием в этих направлениях.

Контакты рудного тела с породами висячего бока резкие. Внутри рудного тела согласно с ним залегают прослои туфопесчаников, кремнистых пелитовых туффитов, пепловых туффитов (превращенных в хлоритолиты); здесь встречаются послерудные дайки диабазов. Со стороны лежачего бока к рудному телу примыкают постлойные зоны различной мощности серпенто- кварцевых и серпент-хлорит- кварцевых метасоматитов, минерализованных (местами интенсивно) сульфидами.

Минеральный состав и текстуры руд

По минеральному составу руды Новоучалинского месторождения являются типичными для колчеданных месторождений уральского типа и подразделяются на серноколчеданные (4 % от всех запасов), медно-колчеданные (39 %) и медно-цинковые колчеданные (54 %) со средним отношением меди к цинку 1 : 3. Основной объем руды представлен сплошными (массивными) разновидностями. Незначительно (до 3 %)

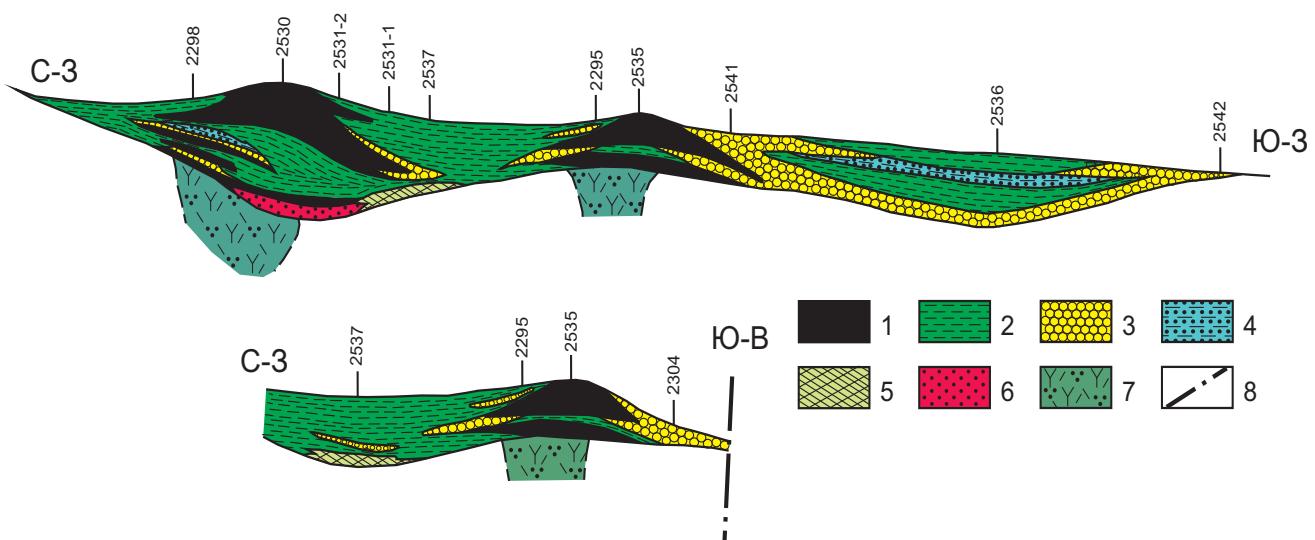


Рисунок 3. Распределение текстурных типов руд в колчеданной залежи Новоучалинского месторождения (в разрезах, линии которых имеют номера скважин на рис. 2). 1–3 – текстуры руд: 1 – массивные, афанитовые, монотонные; 2 – полосчатые; 3 – обломочные; 4 – полосчатые руды с нерудными прослоями; 5 – раздельно-зернистые руды; 6 – густовкрапленные руды; 7 – туфы риолит-дацитов, преобразованные в серпенто-кварцевые метасоматиты с густой вкрапленностью и прожилками сульфидов (предполагаемые места рудоподводящих каналов); 8 – разрывные нарушения / Figure 3. Distribution of textural types of ores in pyrite occurrence of Novouchalinsk deposit (in sections which lines have well numbers in Fig. 2).

вкрашенные руды развиты в лежачем боку и отчасти в виде прослоев внутри тела и на выклиниках.

Главными рудными минералами являются пирит (нескольких генераций), сфалерит и халькопирит; встречаются галенит, теннантит, магнетит, халькозин, самородное золото. Жильные минералы составляют не более 5–10 % объема рудной массы и представлены карбонатом, баритом и кварцем [1, 3].

По текстурным особенностям среди руд сплошного сложения выделены *массивные, слоисто-брекчевые и слоистые* разновидности (рис. 2, 3).

Массивные руды пиритового и халькопирит-пиритового состава образованы сростками плохо ограненных пентагонодекаэдров пирита (до 0,5 мм), промежутки между которыми выполнены халькопиритом или жильными минералами. В отдельных участках сохраняются реликты метаколлоидных агрегатов пирита в виде фрамбоидов, радиально-лучистых сфер и криптозернистых масс с концентрической зональностью.

Слоисто-брекчевые руды состоят из обломков пиритовых и халькопирит-пиритовых руд, полностью идентичных описанным массивным рудам, и сфалерит-пиритового цемента. Размеры обломков колеблются от 0,1 до 1,0 см, изредка встречаются более крупные обломки до 3–8 см. Форма обломков округлая и угловато-округлая, количество их составляет 20–30 %. Цемент образован чередованием полос существенно пиритового и сфалеритового состава толщиной от первых миллиметров до 1–1,5 см. В существенно сфалеритовых полосах обычно имеются включения идиоморфных, часто скелетных зерен пирита, а также магнетита, галенита и теннантита. Существенно пиритовые полосы состоят из мелких осколков пиритовых зерен размером от сотых долей до 0,3–0,5 мм, в которых при травлении местами заметна зональность роста, срезаемая границами зерен и цементирующей метаколлоидной матрицей. Последняя состоит в основном из криптозернистого пирита, фрамбоидов и радиально-лучистых сфер. Форма полос линейная, слабоволнистая, часто линзовидная. Крупные обломкигибаются слоистостью.

Слоистые руды по строению и составу в основном идентичны слоистому цементу слоисто-брекчевых руд. Здесь выделяются полосы из тонкозернистого (0,1–0,3 мм) пиритового песчаника; полосы метаколлоидного пирита, не содержащие обломочного материала, и переходные разновидности между ними.

Слоистость по форме более сложная: наряду с линейной здесь присутствуют линзовидная, перистая, плойчатая и петельчатая разновидности.

Зональность рудной залежи и особенности концентрации рудообразующих компонентов

Рассмотренные особенности строения и состава типов руд, их распределение в рудном теле свидетельствуют о формировании рудной залежи в результате двух основных процессов: отложения сульфидов в местах выхода гидротерм; разрушения и механического перемещения рудного вещества. С процессом гидротермального рудоотложения связано накопление массивных пиритовых и халькопирит-пиритовых руд, а также образование метаколлоидного цементирующего пирита и сфалерита в слоисто-брекчевых рудах. Находящийся в последних обломочный материал образован при разрушении и механическом перемещении обломков массивных руд, как это показали работы М. Б. Бородаевской, А. Г. Злотник-Хоткевича, П. И. Пирожка [5, 8, 9], И. Б. Серавкина, В. Н. Скуратова, С. Е. Знаменского [3] на примере Учалинского месторождения, а также В. В. Масленникова и В. В. Зайкова [10] на примере других уральских месторождений.

Плойчатые, петельчатые и перистые рисунки слоистости указывают на то, что рудные осадки, содержащие обломочный материал, подвергались опливанию и оползанию. Особенно четко это видно на контактах руд с прослойями туфов. Здесь из-за различия в плотностях при наличии неровностей палеорельефа морского дна создавались условия гравитационной неустойчивости, при которых происходило оползание отложений.

Анализ распределения выделенных текстурных разновидностей руд в объеме залежи свидетельствует, что осаждение руд происходило в обстановке неровного рельефа.

На рис. 2, 3 видно, что массивные пиритовые и халькопирит-пиритовые руды образуют серию линзовидных тел, сосредоточенных в трех мелких участках рудной залежи: северо-восточном, северо-западном и юго-восточном. Показательно, что в этих участках установлены наиболее интенсивные проявления вкрашенной минерализации в туфах лежачего бока, что, вероятнее всего, фиксирует пути движения гидротермальных растворов. Слоисто-брекчевые руды пространственно тяготеют к линзам массивных руд и нередко образуют их латеральные продолжения. Слоистые руды с наиболее тонким обломочным материалом выполняют промежутки между линзами массивных руд и сопровождающие слоистых брекчий.

Совокупность приведенных данных свидетельствует, что на Новоучалинском месторождении существовало три центра выхода гидротермальных растворов, над которыми накапливались массивные руды, формируя рудные холмы; последние служили источниками обломочного материала для последовательно сменяющих друг друга слоисто-брекчевые и слоистые руды, приуроченных к склонам этих холмов.

Наличие трех центров гидротермальной активности подтверждается также анализом данных опробования. На схемах распределения средневзвешенных содержаний (на вертикальной проекции) выделяются три поля максимальных концентраций серы (рис. 4), которые пространственно совпадают с проявлениями вкрашенной минерализации и линзовидными телами массивных руд (рис. 2). Максимумы концентраций меди локализованы в области северо-восточного и юго-восточного центров гидротермальной активности; в области северо-западного центра, где тела массивных руд состоят преимущественно из пирита, концентрация меди минимальна (рис. 5).

Максимумы концентраций цинка, наоборот, пространственно разобщены с максимумами серы и меди. Один из них располагается между северо-западным и северо-восточным центрами гидротермальной активности, другой – между северо-восточным и юго-восточным центрами. Между этими максимумами и южнее юго-восточного центра расположены поля умеренных концентраций серы и меди; минимумы цинка совпадают с максимумами серы.

Поля высоких концентраций отмеченных элементов вытянуты в восточно-северо-восточном направлении и, видимо, отвечают генеральному направлению рудовыводящей разрывной структуры.

Пространственная разобщенность максимумов концентраций рудообразующих элементов наблюдается и по мощности залежи. Максимумы содержаний меди и серы сосредоточены главным образом в основании залежи, над выводящими каналами; максимумы цинка, напротив, тяготеют к кровле залежи и расширяются с удалением от них (рис. 4, 5).

Отмеченные особенности распределения концентраций рудообразующих компонентов подтверждает отмеченное А. Г. Злотником-Хоткевичем и Н. А. Андрияновой [5, 11] влияние (зависимость) температур

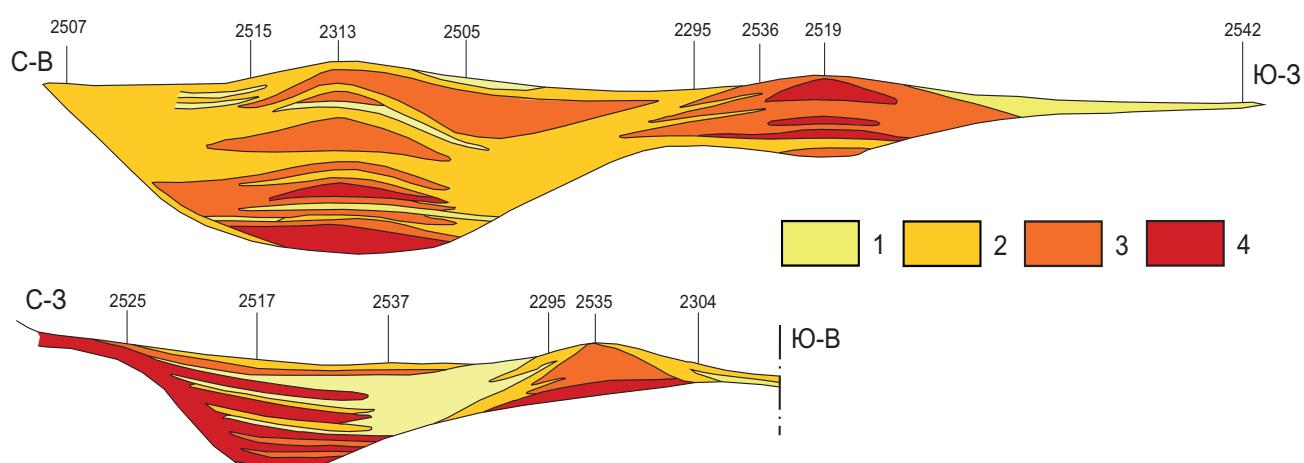


Рисунок 4. Распределение серы в колчеданной залежи Новоучалинского месторождения, %. 1 – менее 40; 2 – 40–45; 3 – 45–50; 4 – более 50. Линии разрезов и номера скважин см. на рис. 2 / Figure 4. Distribution of sulfur in pyrite occurrence of Novouchalinsk deposit.

C-B

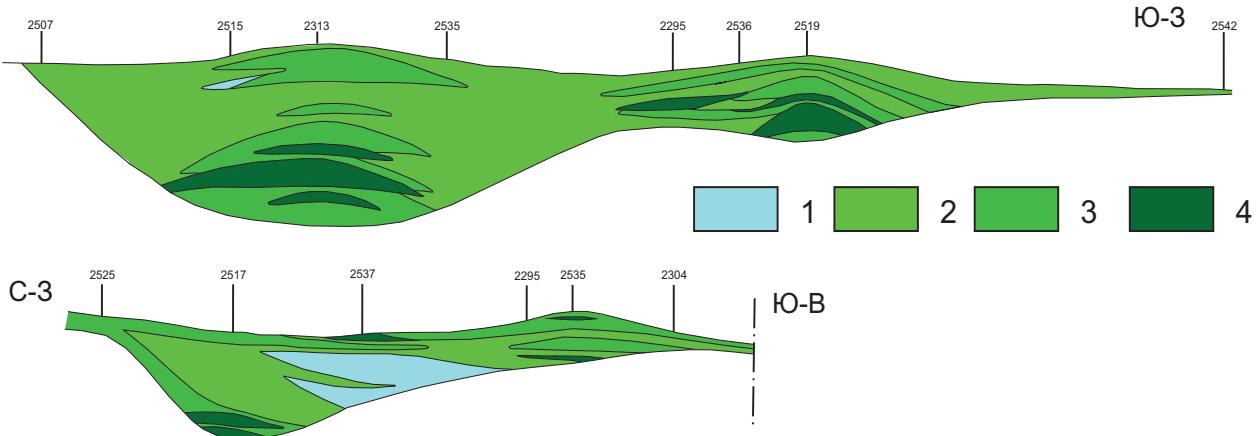


Рисунок 5. Распределение содержаний меди, %. 1 – менее 0,2; 2 – 0,1–1,0; 3 – 1,0–2,0; 4 – более 2,0. Разрезы и номера скважин см. на рис. 2 / Figure 5. The distribution of copper contents.

рудоотложения на минеральную зональность колчеданных руд. По их данным, комплексные соединения меди неустойчивы и распадаются при относительно высоких (300° – 400°) температурах, что приводит к отложению халькопирита в наиболее горячих надканальных частях гидротермальной системы. Комплексные соединения цинка при высоких температурах более устойчивы и распадаются лишь при температурах ниже 300 – 250 $^{\circ}$ C. В связи с этим сфалерит накапливается в более холодных фланговых частях системы, а также при затухании гидротермальной деятельности, когда температура растворов снижается ниже 300 $^{\circ}$ C. Вероятнее всего полагать, что появление максимальных концентраций цинка между выводящими вулканическими центрами вызвано осаждением сфалерита из растворов, поступающих одновременно из двух источников. Характерно, что на южном фланге юго-восточного выводного центра раствор поступал лишь из одного источника, что заметно снизило концентрацию цинка в руде южного фланга залежи.

Ритмичность в распределении линз массивных руд и максимумов концентраций рудообразующих элементов обусловлена, вероятнее всего, прерывисто-пульсационным характером гидротермально-осадочного процесса. Исходя из пространственного положения линз массивных руд в разрезе рудной залежи, можно допустить, что функционировали два цикла интенсивной гидротермальной деятельности – ранний и поздний. Ранний цикл, как видно на рис. 4, 5, был более продуктивным на серу и медь, а поздний – на цинк. В пределах северо-западного рудовыводящего центра минеральные продукты двух циклов слиты воедино, но их проявление фиксируется наличием прослоев туфов в средней части линзы массивных руд. Обогащение руд верхней части залежи цинком могло быть обусловлено как резким понижением температуры гидротерм, так и переотложением цинка из руд раннего цикла.

Палеореконструкция структуры рудного поля

Опираясь на изложенные материалы, можно реконструировать главные черты становления вулканической структуры и оруденения Новоучалинского месторождения, а также рудного поля в целом.

По завершении образования кальдеры Учалинского базальтового щитового палеовулкана в ее юго-западной части через зоны разрывов был «выдавлен» риолит-дацитовый купол, что сопровождалось проседанием бортов кальдеры и накоплением в понижениях и на склонах купола пирокластов и кластолов, по составу аналогичных куполу.

Рудные тела Новоучалинского и Учалинского месторождений сформировались в подобных впадинах на одном стратифицированном уровне – соответственно на южном и на северном склоне купола после завершения его становления. При этом на всем протяжении рудовмещающей структуры были выдержаны условия рудонакопления. В формировании рудного тела определенную роль играли невысокие сульфидные холмы, которые возникали над тремя рудовыводящими каналами. Последние контролируются синвулканическим разрывом, вытянутым по простирианию вмещающей палеодепрессии. Холмы в процессе роста разрушались с образованием мелкобломочных руд с гидротермально-осадочным цементом, по составу аналогичным обломкам. Подобные придонные сульфидные холмы обнаружены на ряде месторождений [3, 8, 10]. Рудная масса, состоящая из слоев и линз различной плотности, во время становления в водной среде при неровном рельефе субстрата обладала гравитационной неустойчивостью, что на фоне сейсмических толчков приводило к явлениям сгруживания, оползания, оплавления

и заволакивания осадка. Эти явления запечатлевались в виде пельчатых, перистых, стебельчатых, вихреватых, рулетоподобных и иных текстур сложного строения.

После отложения руд происходили локальные излияния базальтовых лав, выдавливание небольших кислых куполов и потоков на фоне отложения перемытых вулканокластов (полифациальная пачка), которые лишь частично перекрывали рудное тело.

Позднее наступило время активного базальтоидного магматизма в виде многократных прерывисто-пульсационных излияний подвижного базальтового расплава, потоки которого привели к накоплению мощной толщи наслойенных шарово-подушечных лав и гиалокластитов. Последние, заполняя пространства между подушками и шарами, также отлагались в виде протяженных горизонтов, пластов и линз, по мощности сопоставимых (10–20 м) с потоками лав. Гиалокластиты образуются, по-видимому, в результате шелушения закаленных лавовых корок в потоках, а также как следствие их пульверизации, т. е. полного разрыва при интенсивной дегазации газонасыщенного расплава. Глубина излияния лав реконструируется в 200–1000 м от уровня палеоморя. Эта толща пиллоу-лав по мере своего накопления выравнивала палеорельеф рудносной вулканоструктуры, в том числе расположенную здесь кальдеру, которая на фоне общего проседания еще более прогнулась. Прогибание ее западного борта сопровождалось значительным увеличением крутизны залегания горных пород и рудной залежи [3, 7].

Эволюция структуры Новоучалинского месторождения в последующий период происходила, по-видимому, следующим образом.

В связи с многократно возобновляющимися компенсационными проседаниями осложненного разрывами западного борта Учалинского палеовулкана в области соммы его кальдеры вулканогенные толщи изменили свое залегание от первоначально горизонтального до наклонного (под разными углами) к западу и востоку от выступа соммы. В результате последующих синвулканических деформаций выступ соммы, сложенный подрудными базальтами, преобразовался в ядро антиклинальной складки, а вышележащие вулканогенные толщи – в крутопадающие крылья. При этом слагающие складку вулканогенные породы не подверглись рассланцеванию. Это свидетельствует о том, что складчатые деформации связаны с синвулканическими процессами, аналогичными складчато-разрывным дислокациям, проявляющимися при становлении длительно формирующихся кальдер вулканов.

Дальнейший вулканизм в пределах рудного поля резко изменил свой характер: наступили катастрофические извержения центрального типа в мелководных условиях сравнительно вязкого базальтового расплава, на что указывает обилие крупных интрапеллурических вкраплений плагиоклаза и пироксена в продуктах эксплозивных извержений.

При спаде интенсивности извержений из палеовулканов по их периферии «выживались» небольшие экструзивные купола кислого состава, во впадинах между которыми отлагались тонкие пласти и линзы сульфидов гидротермально-осадочного генезиса.

Последующая эволюция вулканизма в Учалинском районе характеризуется накоплением андезибазальтов и вышележащей толщи пород вулканогенно-осадочной формации, малопродуктивной на колчеданное оруденение [6, 7].

Основные выводы

Новоучалинское медно-цинково-колчеданное месторождение и

расположенное к северу от него Учалинское месторождение, являясь классическим эталоном оруденения уральского типа, образуют единое рудное поле на северном фланге Учалинско-Александринской структурно-формационной зоны восточной части Магнитогорского мегасинклиниория.

Разрез месторождения слагают вулканиты риолит-базальтовой субформации (карамалыташская свита D_2e-zv) и колчеданная залежь, которые, первоначально имея близгоризонтальное залегание, деформированы и смыты в антиклинальную складку близмеридионального простирания.

Новоучалинская и учалинская колчеданные залежи залегают на одном стратифицированном уровне, соответственно на южном и северном флангах риолит-дацитового купола, во впадинах, заполненных тuffогенно-осадочными породами кислого состава.

На Новоучалинском месторождении выделены три рудовыводящих центра, над которыми формировались рудные холмы. Последние, разрушаясь, образовывали шлейфы брекчийных и слоисто-брекчийных руд. Одновременно по схеме гидротермально-осадочного процесса накапливались пласти и линзы массивных слоистых руд. Руды с наибольшим содержанием серы и меди локализованы над выводящими каналами и в непосредственной близости от них, а обогащенные цинком – в верхах (кровле) залежи и на флангах выводящих центров (щелей), что обусловлено главным образом температурным фактором.

Складчатые и разрывные деформации вулканической структуры Новоучалинского месторождения и рудного поля связаны с многократными синвулканическими проседаниями, о чем свидетельствуют отсутствие кливажа в Учалинской антиклинали и сохранность первичных структур и текстур в горных породах и рудах.

Новоучалинское колчеданное месторождение – главный резервный объект Учалинского ГОКа. Его промышленное освоение – актуальной задача градообразующего предприятия.

Статья написана по материалам хоздоговорной НИР ЦНИГРИ (с участием УГОКА) с Уральской ГРЭ МЦМ СССР. В подготовленной работе совместно с автором активное участие принимали доктора геологоминералогических наук А. Г. Злотник-Хоткевич и Е. П. Ширай, а также А. М. Диценко, В. С. Требухин и А. Г. Кузнецов.

Автор счёл своим долгом доработать их материалы и основные положения использовать в данной публикации.

ЛИТЕРАТУРА

- Пирожок П. И., Диценко А. М. История открытия и геологическое строение Новоучалинского месторождения. Миасс: Ин-т минералогии УрО РАН, 1997. С. 81–87.
- Пирожок П. И., Серавкин И. Б., Чадченко А. В. Геологопромышленная и горнотехническая характеристика эксплуатируемых и резервных месторождений. Учалинский ГОК на рубеже XXI века. Уфа: Полиграфкомбинат, 2000. С. 30–108.
- Серавкин И. Б., Пирожок П. И., Скуратов В. Н. и др. Минеральные ресурсы Учалинского ГОКа. Уфа: Башкир. кн. изд-во, 1994. 328 с.
- Бородавская М. Б., Курбанов Н. К., Ширай Е. П., Шмидт А. И. Учалинская структурно-формационная зона // Колчеданные провинции Южного Урала и Мугоджар: труды ЦНИГРИ. 1973. Вып. 105. С. 41–55.
- Бородавская М. Б., Злотник-Хоткевич А. Г., Пирожок П. И., Ширай Е. П. Условия локализации и формирования колчеданных руд на примере Учалинского месторождения // Сов. геология, 1984. № 3. С. 25–35.
- Ширай Е. П. Палеоструктуры Восточно-Магнитогорской эвгеосинклинали (Южный Урал) на период формирования колчеданоносных формаций // Труды ЦНИГРИ. 1997. Вып. 126. С. 24–31.

Петр Иванович Пирожок,
barfam1@mail.ru
Уральский государственный горный университет

- Требухин В. С., Ширай Е. П. Реконструкция палеовулканических структур Учалинского и Верхнеуральского районов // Руды и металлы. 1994. № 3/5. С. 81–89.
- Злотник-Хоткевич А. Г., Кузнецов А. Г., Пирожок П. И. Генетические особенности слоистых руд Учалинского месторождения // Продукты разрушения гидротермальных построек в колчеданоносных районах. Свердловск: ЭЛЛИОТ, 1991. С. 56–62.
- Пирожок П. И., Злотник-Хоткевич А. Г. Новые данные о генезисе Учалинского колчеданного месторождения // ДАН СССР. 1978. Т. 242, № 2. С. 290–293.
- Масленников В. В., Зайков В. В. О процессах придонного разрушения сульфидных построек в палеовулканических структурах // Продукты разрушения гидротермальных построек. Свердловск: ЭЛЛИОТ, 1991. С. 211–225.
- Злотник-Хоткевич А. Г., Андриянова Н. А. Температура рудоотложения как основной фактор минеральной зональности колчеданных руд // Тез. докл. совещ. по термобарометрии и геохимии рудообразующих флюидов (по включениям в минералах). Львов, 1985.

REFERENCES

- Pirozhok P. I., Didenko A. M. 1997, *Istoriya otkrytiya i geologicheskoe stroenie Novouchailinskogo mestorozhdeniya* [History of the discovery and the geological structure of Novouchailinsk deposit], Miass, pp. 81–87.
2. Pirozhok P. I., Seravkin I. B., Chadchenko A. V. 2000, *Geologo-promyshlennaya i gorno-tehnicheskaya kharakteristika ekspluatiruemikh i rezervnykh mestorozhdeniy. Uchalinskij GOK na rubezhe XXI veka* [Geological-industrial and mining-technical characteristics of the exploited and the reserve deposits. Uchalinsk mine at the turn of the XXI century], Ufa, pp. 30–108.
3. Seravkin I. B., Pirozhok II. I., Skuratov V. N. et al. 1994, *Mineral'nye resursy Uchalinskogo GOKa* [Mineral resources of Uchalinsk mine], Ufa, 328 p.
4. Borodaevskaya M. B., Kurbanov N. K., Shiray E. P., Shmidt A. I. 1973, *Kolchedannye provintsii Yuzhnogo Urala i Mugodzhar* [Pyrite provinces of Southern Urals and Mugodzhar], *Trudy TsNIGRI* [Transactions of the Central Scientific Research Institute of Geological Prospecting for Non-Ferrous and Noble Metals], Moscow, vol. 105, pp. 41–55.
5. Borodaevskaya M. B., Zlotnik-Khotkovich A. G., Pirozhok P. I., Shiray E. P. 1984, *Usloviya lokalizatsii i formirovaniya kolchedannikh rud na primere Uchalinskogo mestorozhdeniya* [Conditions for the localization and the formation of massive sulfide ore on example of Uchalinsk deposit], Sovetskaya geologiya [Soviet geology], no. 3, pp. 25–35.
6. Shiray E. P. 1997, *Paleostruktury Vostochno-Magnitogorskoy evgeosinklinali (Yuzhnyy Ural) na period formirovaniya kolchedanonochnykh formatsiy* [Paleostructures of East Magnitogorsk eugeosyncline (South Urals) in the period of formation of pyrite-bearing formations]. *Trudy TsNIGRI* [Transactions of the Central Scientific Research Institute of Geological Prospecting for Non-Ferrous and Noble Metals], Moscow, vol. 126, pp. 24–31.
7. Trebuhanin B. C., Shiray E. P. 1994, *Rekonstruktsiya paleovulkanicheskikh struktur Uchalinskogo i Verkhneural'skogo rayonov* [Reconstruction of paleovolcanic structures of Uchalinsk and Verkhneural'sk areas], *Rudy i metally* [Ores and metals], Moscow, no. 3–5. pp. 81–89.
8. Zlotnik-Khotkovich A. G., Kuznetsov A. G., Pirozhok P. I. 1991, *Produkty razrusheniya gidrotermal'nykh postroek v kolchedanonochnykh rayonakh* [Products of hydrothermal destruction of buildings in the pyrite-bearing areas], Sverdlovsk, pp. 56–62.
9. Pirozhok P. I., Zlotnik-Khotkovich A. G. 1978, *Novye dannye o genezise Uchalinskogo kolchedannogo mestorozhdeniya* [New data on the genesis of Uchalinsk massive sulfide deposit]. *Doklady AN SSSR* [Reports of the USSR Academy of Sciences], vol. 242, no. 2, pp. 290–293.
10. Maslenikov V. V., Zaykov V. V. 1991, *Produkty razrusheniya hidrotermal'nykh postroek* [Products of hydrothermal destruction of buildings], Sverdlovsk, pp. 211–225.
11. Zlotnik-Khotkovich A. G., Andriyanova N. A. 1985, *Temperatura rudootlozheniya kak osnovnoy faktor mineral'noy zonalnosti kolchedannikh rud* [The temperature of ore deposition as a major factor of mineral zoning pyrite ores]. *Tezisy doklada soveshchaniya po termobarometrii i geokhimii rudoobrazuyushchikh flyuidov (po vklucheniym v mineralakh)* [Theses on thermobarometry and geochemistry of ore-forming fluids of the report (on inclusions in minerals)], L'vov.

Petr Ivanovich Pirozhok,
barfam1@mail.ru
Ural State Mining University

РЕДКИЕ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В КИАНИТОВЫХ РУДАХ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА И УРАЛА

В. А. Коротеев, В. Н. Огородников, Ю. А. Поленов, А. Н. Савичев

Rare and rare-earth elements in kyanite ores of Kola peninsula and the Urals

V. A. Koroteev, V. N. Ogorodnikov, Yu. A. Polenov, A. N. Savichev

Authors distinguish two groups of productive metamorphogenic-metasomatic rocks enriched with high-alumina minerals: stratified horizons in the stratum of plagiogneisses of early Archean and Proterozoic ages widely spread in Karelia and the Kola peninsula (Keyv formation) – aluminous (kyanite) formation of shields of the ancient platforms (metamorphic, Keyv type); unstratified metasomatic rocks that form the internal and external suture zones of the gneiss blocks, polyfocal metamorphic complexes of the andalusite-sillimanite and kyanite-sillimanite thermodynamic types, formed along the uneven-aged, typically pelitic rocks, widely manifested in the Urals – aluminous formation of folded belts (hydrothermal-metasomatic, Ural type). Comparison of the distribution of rare-earth elements in the rocks enclosing kyanite deposits of Keyv suite and Ural deposits revealed that they have the same type of directivity, but in the rocks of the Kola peninsula, the amount of rare-earth elements is higher. The reason is, apparently, a larger process of metamorphism and alkaline magmatism in the Kola peninsula in the Precambrian. A detailed study of kyanite deposits allowed to determine polygenic and polychronic properties of kyanite ores, as well as to identify three natural morphogenetic ore types: metamorphic, metamorphogenic-metasomatic and metasomatic. Comparison of the rare-earth elements shows that the metamorphogenic kyanites contain the greatest amount of rare-earth elements, and the lowest contents are characteristic for the metasomatic kyanites from quartz veins selvages and kyanite porphyroblasts of recrystallization zones. Deposit reserves of the metamorphogenic-metasomatic kyanites are low. In order to increase their economic importance the authors advise to implement the industrial development of kyanite deposits containing rare and rare-earth elements at levels that allow under certain dressing technologies to carry out their complementary profitable extraction.

Keywords: rare elements; dispersed elements; kyanite ore; Urals; Kola peninsula; factor analysis; aluminous formation.

Выделено две группы продуктивных метаморфогенетико-метасоматических пород, обогащенных высокоглиноземистыми минералами: стратифицированные горизонты в толще плагиогнейсов раннего архея и протерозоя, широко проявленные в Карелии и на Кольском полуострове (свита Кейв) – глиноземистая (кианитовая) формация щитов древних платформ (метаморфогенный, кейвский тип); нестратифицированные метасоматические породы, слагающие внутренние и внешние шовные зоны гнейсовых блоков, полифациальные метаморфические комплексы андалузит-силиманитового и кианит-силиманитового термодинамических типов, образующихся по разновозрастным, обычно пелитовым породам, широко проявленные на Урале – глиноземистая формация складчатых поясов (гидротермально-метасоматический, уральский тип). Сопоставление распределения редкоземельных элементов в породах, вмещающих кианитовые месторождения кейвской свиты и уральских месторождений, показало, что они имеют однотипную направленность, но в породах Кольского полуострова количество редкоземельных элементов выше. Обусловлено это, по-видимому, более масштабными процессами метаморфизма и щелочного магматизма на Кольском полуострове в докембрии. Детальное изучение кианитовых месторождений позволило установить полигенность и полихронность кианитовых руд, а также выделить три природных морфогенетических типа руд: метаморфогенный, метаморфогенно-метасоматический и метасоматический. Факторный анализ показал, что наиболее значимые преобразования пород сопровождаются, прежде всего, резкими изменениями в поведении редкоземельных элементов. Из сравнения редкоземельных элементов видно, что метаморфогенные кианиты содержат их наибольшее количество, а наименьшие содержания характерны для метасоматических кианитов из заландов кварцевых жил и порфириобласт кианита зон перекристаллизации. Запасы месторождений метаморфогенно-метасоматических кианитов небольшие. Для повышения их экономической значимости целесообразно промышленное освоение кианитовых месторождений, содержащих редкие и редкоземельные элементы в количествах, позволяющих при определенных технологиях обогащения осуществлять их попутное рентабельное извлечение.

Ключевые слова: редкие элементы; рассеянные элементы; кианитовые руды; Урал; Кольский полуостров; факторный анализ; глиноземистая формация.

С докембriем связана значительная масса редкоземельных руд в пегматитах, щелочных, редкометалльных гранитах и карбонатитах, содержащих высокие концентрации редких и редкоземельных элементов (РЗЭ). В фанерозойских складчатых структурах аналогичные месторождения размещаются в докембрйских блоках в тесных пространственных и генетических связях с наиболее глубинными субмантанитными субщелочными гранитоидами и карбонатитами. Эти ассоциации, как известно, структурно приурочены к зонам длительно развивающихся глубинных разломов рифтогенной природы, где широко развиты месторождения кианитовых кварцитов [1, 2].

Процессам регионального метаморфизма и сопутствующему ему определенному типу магматизма как рудогенерирующему фактору признается все более значительная роль в формировании месторождений, залегающих в глубокометаморфизованных комплексах докембра. Установлено, что

новление природы метаморфогенных руд заключается в установлении генетических связей кианитовых руд с тем или иным типом регионального метаморфизма, сопутствующего магматизму и сопровождающих их гидротермально-метасоматических преобразований. Выявлены причины локализации руд в определенных частях кристаллических толщ, установлены зависимости состава и масштабов рудогенеза, показана роль шовных зон, которые в докембriи представляли собой зоны рифтинга (растяжения). Во времена коллизионных преобразований шовные зоны являлись высокобарическими зонами дислокационного метаморфизма [2, 3].

Среди метаморфических формаций докембра развит достаточно широкий спектр месторождений полезных ископаемых (глиноземистые, марганцевые, железорудные, золото-урановые и др.). Подавляющее большинство месторождений глиноземистого сырья, связанных с глиноземистыми сланцами осадочного генезиса, независимо от их возраста (архей или протерозой) залегают в породах, метаморфизованных в условиях амфиболитовой фации. Их масштабы зависят от формационной принадлежности.

В настоящее время [4, 5] выделено две группы продуктивных метаморфогенно-метасоматических пород, обогащенных высокоглиноземистыми минералами:

– стратифицированные горизонты в толще плагиогнейсов раннего архея и протерозоя, широко проявленные в Карелии и на Кольском полуострове (свита Кейв) – глиноземистая (кианитовая) формация щитов древних платформ (метаморфогенный, кейвский тип);

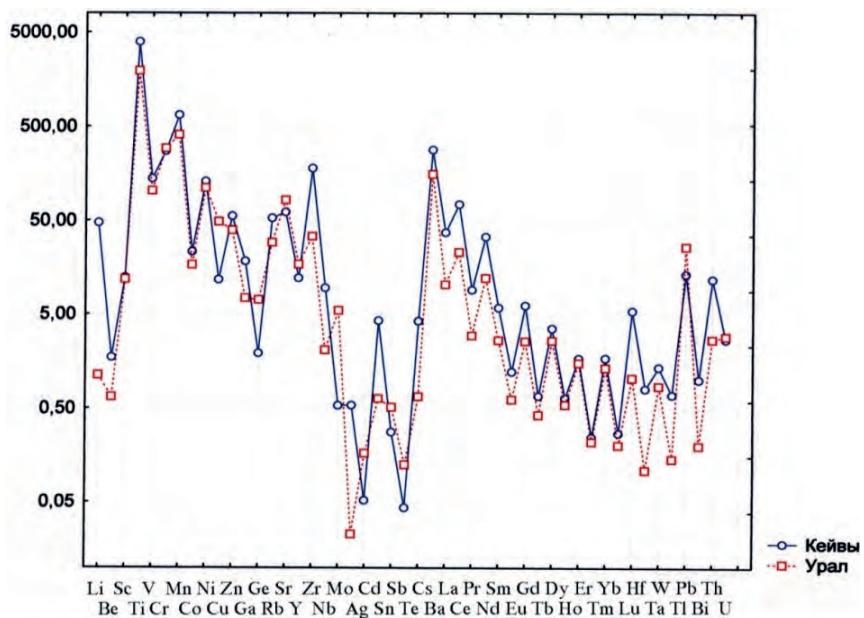
– нестратифицированные метасоматические породы, слагающие внутренние и внешние шовные зоны гнейсовых блоков, полифациальные метаморфические комплексы андалузит-силиманитового и кианит-силиманитового термодинамических типов, образующихся по разновозрастным, обычно пелитовым породам, широко проявленные на Урале – глиноземистая формация складчатых поясов (гидротермально-метасоматический, уральский тип).

Для большинства зональных метаморфических комплексов Кольского полуострова, Карелии, Сибири, Урала, в которых кианит-, силиманитодержащие породы слагают определенные зоны метаморфизма и развиваются по постархейским, постпротерозойским пелитовым толщам, зоны обогащения высокоглиноземистыми минералами приурочены к шовным зонам с активным проявлением метасоматоза и окварцевания с образованием метаморфогенного, метаморфогенно-метасоматического и метасоматического типов оруденения.

При анализе генезиса месторождений неметаллических полезных ископаемых (кианита, мусковита, талька, керамического сырья, антофиллита, горного хрустали и т. д.), многие из которых связаны с различными типами гранитоидов, чаще всего не анализируется поведение рудных, редкометалльных, редкоземельных, благородных и радиоактивных элементов. Эти элементы, находясь в виде изоморфных или механических

Таблица 1. Статистические параметры содержаний элементов-примесей во вмещающих породах Кейв и Урала (ppm).

Элемент	Кейвы		Урал		Элемент	Кейвы		Урал		Элемент	Кейвы		Урал	
	X_{cp}	σ	X_{cp}	σ		X_{cp}	σ	X_{cp}	σ		X_{cp}	σ	X_{cp}	σ
Li	47,98	50,08	1,14	1,22	Zr	181,5	225,98	34,37	31,22	Gd	6,27	3,53	2,60	1,88
Be	1,76	1,51	0,67	0,57	Nb	9,86	6,75	2,10	2,27	Tb	0,68	0,31	0,43	0,31
Sc	12,54	6,78	12,01	11,03	Mo	0,54	0,49	5,53	7,40	Dy	3,58	1,46	2,65	1,95
Ti	4008,62	3076,77	1961,28	2601,05	Ag	0,54	0,32	0,02	0,02	Ho	0,65	0,25	0,55	0,42
V	140,73	102,41	104,86	83,62	Cd	0,05	0,05	0,17	0,24	Er	1,71	0,71	1,52	1,18
Cr	275,55	592,38	296,27	456,47	Sn	4,32	3,14	0,64	0,58	Tm	0,25	0,12	0,22	0,17
Mn	666,79	525,04	413	525,82	Sb	0,28	0,33	0,52	1,05	Yb	1,72	0,91	1,36	1,09
Co	23,51	30,01	17,12	27,61	Te	0,04	0,04	0,13	0,08	Lu	0,27	0,16	0,21	0,17
Ni	132,02	290,48	112,16	167,01	Cs	4,27	3,98	0,67	1,05	Hf	5,48	6,47	1,06	0,94
Cu	11,93	7,55	49,26	64,76	Ba	285,08	242,38	157,28	189,27	Ta	0,82	0,62	0,11	0,19
Zn	56,29	31,23	40,05	48,24	La	37,73	27,42	10,54	8,80	W	1,37	1,87	0,86	0,75
Ga	18,59	9,16	7,51	6,96	Ce	75,09	55,12	23,20	19,09	Tl	0,70	0,71	0,14	0,16
Ge	1,93	1,11	7,24	6,77	Pr	9,20	6,54	3,01	2,57	Pb	13,62	10,96	26,49	46,4
Rb	53,53	45,59	29,52	45,05	Nd	33,97	23,75	12,36	10,43	Bi	1,01	1,98	0,20	0,21
Sr	62,11	58,34	83,2	132,65	Sm	5,92	3,79	2,66	1,95	Th	11,94	10,60	2,71	1,45
Y	12,32	4,49	17,28	17,85	Eu	1,24	0,62	0,62	0,51	U	2,71	2,53	2,92	1,41

Рисунок 1. Распределение средних содержаний X_{cp} элементов-примесей во вмещающих породах месторождений кианита Кейв и Урала / Figure 1. Distribution of the average contents of X_{av} of impurity elements in the host rocks of kyanite deposits of the Keyv and the Urals.

примесей в таких минералах, характеризуют геологическую обстановку, являются производным тех ультраметаморфических, магматических, постмагматических и гидротермальных процессов, которые осуществляются от докембра до фанерозоя.

К. И. Розанов и Д. А. Минеев [6] предполагают, что гранитизация архейских и протерозойских толщ сопровождается миграцией тяжелых лантаноидов в верхние структурные этажи. В ходе гранитизации продукты анатексиса относительно обогащаются легкими лантаноидами. Тяжелые лантаноиды выносятся при процессах ультраметаморфизма. Значительное разделение РЗЭ достигается при щелочно-фторидном метасоматозе, где также тяжелые лантаноиды и иттрий выносятся в зоны эндоконтактов интрузий. Со щелочными и субщелочными гранитоидами докембра связаны типичные гидротермальные проявления, формирующиеся в условиях различных температур и давлений. Специфическая особенность этих гидротермальных образований – появление в них в значительных количествах минералов редких земель (фторкарбонаты, фосфаты, силикофосфаты), ниobia, ильменита или ильменорутила, молибденита и других сульфидов. С развитием щелочного магматизма и метасоматизма связана геохимия Nb (Ta), Zr (Hf) и редких земель (TR). Каждому крупному генотипу пород свойственны определенные парагенезисы, несущие эти элементы. Их вхождение в кристаллические решетки идет на протяжении всего магматического процесса с преимущественным обогащением более поздних фаз и постмагматических этапов.

Большие Кейвы – уникальная провинция высокоглиноземистых кристаллических сланцев докембра на Кольском полуострове [7–10]. Уральские месторождения кианита размещаются в гнейсовых толщах докембрийского возраста и весьма схожи с месторождениями свиты Кейв, но уступают им по масштабам проявления [5, 6].

Вмещающие плагиогнейсы кианитовых месторождений Кейв и Урала были проанализированы методом ICP MS на приборе ELAN 9000 DRC-e. Среднестатистические значения содержаний редких, редкоземельных, благородных и радиоактивных элементов приведены в табл. 1 и на рис. 1. Из таблицы и рисунка видно, что вмещающие породы Кольского полуострова по ряду элементов количественно превосходят породы Урала. Таковыми являются Li, Be, Ti, Rb, Zr, Nb, Sn, Ba, La, TR (Ce-группы), Hf, Ta, Bi, Th. Обусловлено это более масштабными процессами метаморфизма, ультраметаморфизма, широкого развития процессов щелочного магматизма и карбонатитов, создающих редкоземельную специализацию докембра по отношению к фанерозою.

Сопоставление распределения редкоземельных элементов в породах, вмещающих кианитовые месторождения кейской свиты и уральских месторождений, показало, что они имеют однотипную направленность, но в породах Кольского полуострова количество РЗЭ выше (рис. 2). Обусловлено это, по-видимому, более масштабными процессами метаморфизма и щелочного магматизма на Кольском полуострове в докембре.

Алюмокремниевые метасоматиты глиноземистой формации локализуются в шовных долгоживущих зонах складчатых областей и отчетливо накладываются на метаморфогенные кианитовые руды.

Таблица 2. Распределение элементов-примесей в кианитах различных морфогенетических типов Кольского полуострова и Урала (ppm).

Элемент	Метаморфические		Метаморфогенно-метасоматические		Метасоматические			
	X_{cp}	σ	X_{cp}	σ	X_{cp}	σ	X_{cp}	σ
Li	39,087	56,000	7,466	21,108	6,767	10,184	3,311	2,297
Be	1,346	1,491	0,645	0,799	0,107	0,059	0,215	0,107
Na	1101,150	454,230	962,926	1276,460	981,170	983,196	387,880	193,840
Sc	6,272	5,486	3,926	5,143	1,065	1,781	0,542	0,599
Ti	4637,060	3263,830	3698,900	2499,240	1055,680	1387,940	2766,470	1997,520
V	127,208	92,512	123,354	112,396	232,814	228,068	154,912	51,319
Cr	89,733	71,085	49,567	78,283	9,825	6,155	277,432	234,930
Mn	400,528	371,024	37,818	108,644	6,797	4,220	12,313	7,499
Co	8,846	7,453	1,353	3,944	0,183	0,091	0,323	0,238
Ni	22,043	13,866	3,306	6,420	3,787	7,669	1,565	1,172
Cu	16,807	10,309	11,874	7,895	4,880	3,486	7,700	4,494
Zn	47,951	30,139	15,095	16,800	5,194	3,848	9,257	6,015
Ga	22,138	11,978	22,541	12,597	13,661	15,738	27,003	9,109
Ge	2,375	1,673	1,839	1,322	2,126	2,006	2,876	1,030
Rb	30,101	43,483	9,198	16,897	4,780	7,419	1,819	3,068
Sr	35,661	31,529	20,665	29,983	18,725	33,899	12,389	14,057
Y	6,506	4,973	6,071	7,018	0,615	0,959	1,013	0,637
Zr	137,392	98,359	192,284	217,559	59,936	125,661	92,188	42,014
Nb	10,885	7,079	9,764	7,866	1,139	2,309	6,787	4,749
Mo	0,337	0,296	0,767	0,710	0,141	0,171	0,295	0,272
Ag	0,533	0,321	0,421	0,358	0,127	0,129	0,243	0,134
Cd	0,029	0,018	0,023	0,052	0,002	0,002	0,017	0,023
Sn	3,043	1,569	2,933	2,534	1,367	1,592	1,267	0,860
Sb	0,277	0,237	1,275	1,200	0,226	0,208	0,976	0,559
Te	0,039	0,026	0,055	0,131	0,010	0,015	0,018	0,028
Cs	2,011	2,658	0,497	1,052	0,100	0,176	0,043	0,040
Ba	169,07	192,074	90,519	156,690	22,350	22,049	35,130	48,800
La	29,817	23,885	28,494	43,747	4,750	6,872	3,920	3,539
Ce	62,139	47,576	65,308	113,261	10,500	16,060	6,919	6,387
Pr	7,235	5,823	7,770	14,430	1,225	2,086	0,755	0,669
Nd	26,699	20,543	30,914	60,518	4,824	8,816	2,755	2,427
Sm	4,487	3,341	6,012	12,194	0,717	1,407	0,477	0,371
Eu	0,906	0,622	0,857	1,228	0,154	0,297	0,108	0,072
Gd	4,041	3,144	4,311	8,844	0,500	1,049	0,349	0,210
Tb	0,403	0,310	0,396	0,683	0,039	0,074	0,053	0,031
Dy	1,969	1,522	1,848	2,737	0,196	0,342	0,296	0,157
Ho	0,333	0,265	0,305	0,397	0,035	0,057	0,052	0,028
Er	0,868	0,703	0,780	0,929	0,091	0,144	0,135	0,071
Tm	0,127	0,105	0,115	0,137	0,013	0,020	0,019	0,010
Yb	0,893	0,734	0,826	1,039	0,099	0,152	0,135	0,097
Lu	0,144	0,119	0,132	0,181	0,019	0,029	0,022	0,015
Hf	3,991	2,859	5,632	6,294	1,600	3,272	2,469	1,008
Ta	0,879	0,539	1,168	1,254	0,159	0,308	0,608	0,327
W	3,430	4,837	302,200	1448,330	7,086	7,487	310,670	666,310
Tl	0,296	0,329	0,158	0,326	0,027	0,030	0,030	0,038
Pb	12,558	7,786	29,890	61,288	1,327	0,975	13,634	7,200
Bi	0,232	0,181	0,345	0,485	0,006	0,006	0,258	0,225
Th	12,439	9,238	8,592	14,170	1,300	1,901	1,858	2,018
U	3,340	1,360	4,123	3,223	0,506	0,654	1,918	0,850

Образование алюмокремниевых метасоматитов обусловлено химическим воздействием инфильтрующегося раствора на горные породы, они формируются в широком диапазоне температуры и давления тем ин-

тенсивней, чем активнее раствор и выше проницаемость пород. Естественно, для развития таких метасоматитов наиболее благоприятны зоны пониженных динамических нагрузок, чем и определяется приурочен-

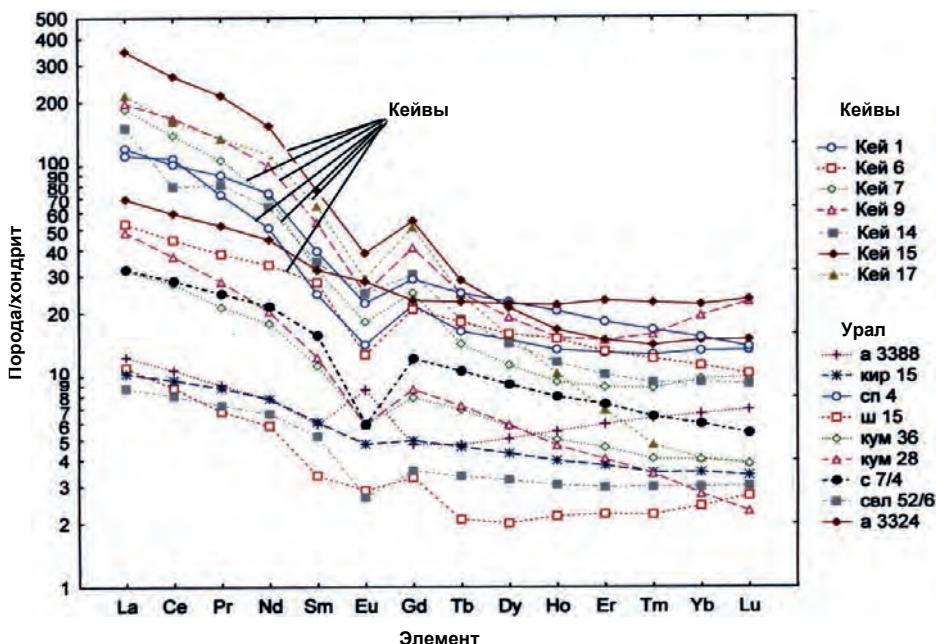


Рисунок 2. Распределение редкоземельных элементов, нормированных по хондриту во вмещающих породах месторождений кианита кейвской свиты и месторождений кианита на Урале / Figure 2. Distribution of the rare-earth elements normalized by chondrite, in the host rocks of kyanite deposits of the Keyv formation and the Urals.

ность их к структурам растяжения, участкам повышенной трещиноватости и т. д. Соответственно, для возникающих ассоциаций характерны минералы более низкой структурной плотности, в которых алюминий в четверной координации преобладает над алюминием в шестерной координации: силлиманит, андалузит, мусковит и т. д.

Таким образом, образование месторождений высокоглиноzemистых минералов связывается с метаморфическими комплексами архейско-протерозойского возраста и метасоматическим преобразованием их во время орогенеза. Метаморфогенно-метасоматический механизм образования кианитовых месторождений создает относительно стратифицированные залежи с крупными запасами, наибольшие из которых сконцентрированы на Кольском полуострове (свита Кейв), в Карелии, Сибири и на Урале.

Детальное изучение кианитовых месторождений позволило установить полигенность и полихронность кианитовых руд, а также выделить три природных морфогенетических типа руд: метаморфогенный,

метаморфогенно-метасоматический и метасоматический, которые различаются минеральным и гранулометрическим составами и характером срастаний кианита с другими минералами [2, 5, 10–12].

Эти разновидности кианитов были проанализированы методом ICP MS. Согласно анализу поведения средних значений редких и редкоземельных элементов в различных морфогенетических типах кианитов Кейв и Урала (табл. 2) установлено, что наиболее высокие содержания РЭ и РЗЭ характерны для метаморфогенных руд, а наибольший разброс значений – для РЗЭ (рис. 3).

Факторный анализ по программе Statistica-7 (метод главных компонент с варимаксным вращением), проведенный по всей совокупной выборке кианитов Кольского полуострова (кейвская серия) и Урала (табл. 3), показал, что наиболее значимый фактор-1 характеризует метаморфогенный тип кианитов, которые образуются в породах докембрийского возраста, в которых широко развиты щелочные гранитоиды, с которыми связана редкоземельная минерализация:

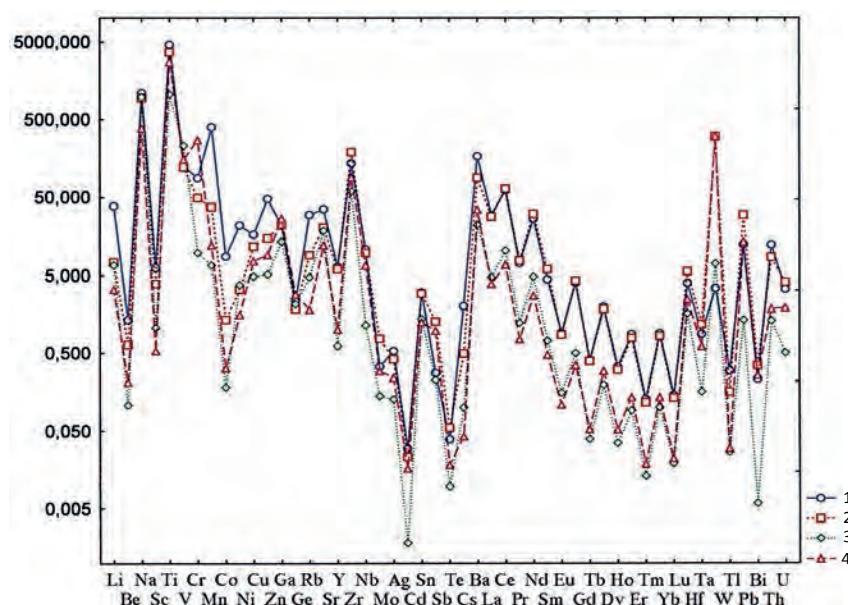


Рисунок 3. Распределение средних содержаний X_{av} элементов-примесей в кианитах разных морфогенетических типов Кейв и Урала. 1 – метаморфогенные; 2 – метасоматические; 3 – оторочки кварцевых жил; 4 – порфиробластические кианиты зон перекристаллизации / Figure 3. Distribution of the average contents of X_{av} of impurity elements in kyanites of different morphogenetic types of the Keyv and the Urals.

Таблица 3. Факторные нагрузки, характеризующие поведение элементов-примесей в кианитах месторождений Кольского полуострова и Урала (метод главных компонент с варимаксным вращением).

Элемент	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4	Фактор 5
Li	0,02396	*0,640632	-0,032731	0,286093	-0,030892
Be	0,15281	**0,756701	0,291481	0,280706	0,054318
Na	0,08735	*0,591075	0,368909	-0,237860	-0,133997
Sc	0,26547	**0,812358	0,164857	-0,094653	0,182681
Ti	-0,05374	0,131370	0,231870	*0,536645	0,456534
V	-0,16682	-0,056328	-0,216718	*0,502176	-0,024014
Cr	-0,13949	-0,070399	-0,017908	*0,528024	-0,012386
Mn	0,07479	*0,526008	0,001499	*0,587462	0,025950
Co	0,09391	*0,578605	0,020230	*0,594680	0,100571
Ni	0,09863	0,333805	0,004777	0,435340	0,340397
Cu	0,06318	0,375676	*0,516575	0,340655	0,220518
Zn	0,31196	*0,625978	0,143613	0,461192	0,079084
Ga	-0,19276	-0,057190	0,444563	*0,596462	-0,059911
Ge	-0,15670	-0,102358	0,028595	*0,652409	-0,358820
Rb	0,19888	**0,868069	0,168010	0,094582	-0,000559
Sr	0,11869	*0,676062	-0,025605	-0,0365482	-0,017137
Y	**0,78375	0,325397	0,453399	-0,070731	-0,065860
Zr	0,33093	0,082354	**0,866005	-0,69790	-0,011831
Nb	0,00924	0,104922	**0,783678	0,372629	0,294340
Mo	0,22204	0,162322	0,313626	-0,199406	*0,524493
Ag	0,17414	0,287119	**0,785939	0,244989	0,095255
Cd	0,02837	0,212045	0,129233	0,338036	0,306782
Sn	0,12114	0,161616	**0,785713	0,103719	-0,000994
Sb	-0,09371	-0,372153	0,206611	0,127228	0,411150
Te	0,00393	0,026796	-0,045824	-0,079547	*0,688210
Cs	0,27949	**0,778608	0,190389	0,178476	0,018507
Ba	0,14296	**0,889961	0,065955	-0,059210	0,112689
La	**0,93141	0,091844	0,115094	0,017494	0,136274
Ce	**0,97968	0,038975	0,068523	0,003276	0,075500
Pr	**0,98673	0,026558	0,048701	-0,003315	0,038018
Nd	**0,98655	-0,008178	0,024368	-0,006213	0,014655
Sm	**0,96156	-0,044542	0,013227	-0,010480	-0,023613
Eu	**0,95122	0,140475	0,089888	-0,004491	0,082046
Gd	**0,97384	0,042108	0,073467	-0,014598	-0,067079
Tb	**0,97036	0,130127	0,165935	0,005645	-0,052020
Dy	**0,91182	0,236527	0,283160	-0,006693	-0,043710
Ho	**0,82129	0,338987	0,393694	-0,030474	-0,055223
Er	**0,71305	0,415432	0,483508	-0,048135	-0,068517
Tm	*0,61610	0,437213	*0,556715	-0,071647	-0,092976
Yb	*0,55868	0,420592	*0,607829	-0,098044	-0,115475
Lu	*0,52997	0,415845	*0,620244	-0,117684	-0,130371
Hf	0,35328	0,094652	**0,864889	-0,068568	-0,039511
Ta	-0,02599	-0,046945	*0,563235	0,135286	0,365160
W	-0,01825	-0,123216	0,110796	0,194395	0,117890
Tl	0,25482	**0,712405	0,458553	-0,058884	-0,072935
Pb	0,08376	-0,093126	0,178886	0,293791	0,112365
Bi	0,02509	0,123489	0,101212	0,041970	**0,775716
Th	**0,91523	0,252812	0,076579	0,010123	0,123703
U	*0,50803	0,016294	**0,726630	-0,063180	0,258364

*Факторные нагрузки со значением 0,5–0,7 при уровне значимости 0,05; **факторные нагрузки со значением > 0,7 при уровне значимости 0,01.

Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Th, U
Фактор - 1 – 13,09 .

Фактор-2 характеризует обстановку внедрения щелочных и субщелочных гранитоидов, пегматитов (Li–Be-направленности), сопровождаемых процессами альбитизации, грейзенизации, мусковитизации

и формирования метаморфогенно-метасоматических кианитов, представленных радиально-лучистыми, тонкопризматическими разностями:

Li, Be, Na, Sc, Mn, Co, Zn, Rb, Sr, Cs, Ba, Tl
Фактор - 2 – 7,9 .

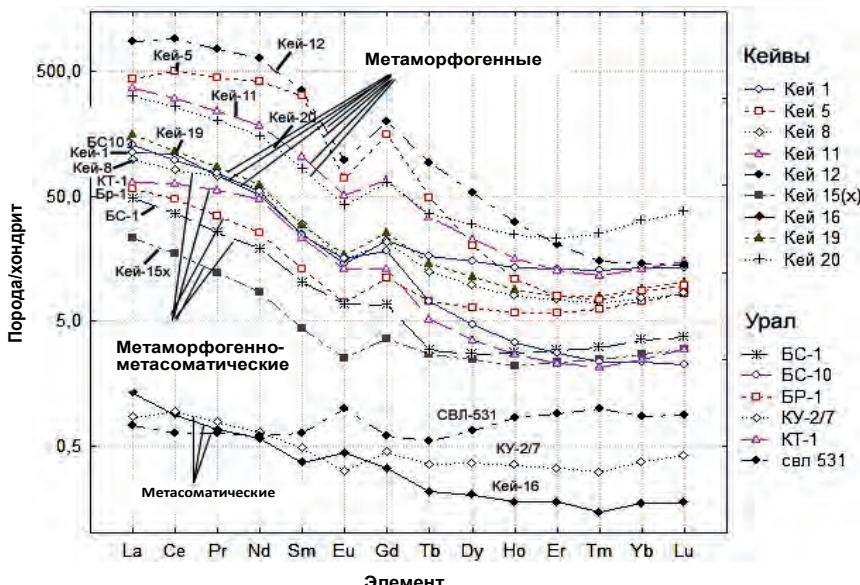


Рисунок 4. Распределение редкоземельных элементов, нормированных по хондриту / Figure 4. Distribution of the rare-earth elements normalized by chondrite in kyanites of various morphogenetic types in deposits of Keyv and the Urals.

Фактор-3 характеризует обстановку развития гидротермально-метасоматических процессов, сопровождаемых формированием метасоматических кианитовых кварцитов с кианитом игольчатого облика, образующих радиально-лучистые агрегаты, отложением сульфидов, циркона, tantalо-ниобатов и урановой минерализации:

$$\frac{\text{Cu}, \text{Zr}, \text{Nb}, \text{Ag}, \text{Sn}, \text{Tm}, \text{Yb}, \text{Lu}, \text{Hf}, \text{Ta}, \text{U}}{\text{Фактор - 3} - 7,32}$$

Фактор-4 характеризует зоны переотложения сидерофильных элементов в зонах кислотного выщелачивания, интенсивной мусковитизации (фукситизации) и перекристаллизации кианитов с образованием хорошо окристаллизованных, крупнопорфиробластовых кристаллов кианита с большим количеством включений гематита и иголок рутила, от которых очень сложно избавиться при обогащении:

$$\frac{\text{Ti}, \text{V}, \text{Cr}, \text{Mn}, \text{Co}, \text{Ga}, \text{Ge}}{\text{Фактор - 4} - 3,8}$$

Фактор-5 характеризует позднюю стадию образования метасоматического игольчатого кианита, претерпевшего активное расщепление с образованием сферолитов и конкреций и осаждением висмута, молибдена и теллуридов:

$$\frac{\text{Mo}, \text{Bi}, \text{Te}}{\text{Фактор - 5} - 2,64}$$

Факторный анализ показал, что наиболее значимые преобразования пород сопровождаются, прежде всего, резкими изменениями в понедельнике РЗЭ.

Из сравнения редкоземельных элементов видно, что метаморфогенные кианиты содержат наибольшее количество РЗЭ (рис. 4), а наименьшие содержания характерны для метасоматических кианитов из зальбандов кварцевых жил и порфиробластов кианита зон перекристаллизации.

Запасы метасоматического кианита небольшие, поэтому наиболее целесообразно разрабатывать метаморфогенно-метасоматические кианиты, которые содержат примеси в количестве, позволяющем при определенных технологиях обогащения добывать кианитовое сырье в промышленных масштабах, попутно добывая РЭ и РЗЭ. Такой опыт получен на месторождениях Кольского полуострова [11]. В лабораторных условиях из крупноконкремионной руды (метаморфогенно-метасоматический тип) месторождения Новая Шуурурта, кроме кианитового концентрата, получен черновой концентрат РЭ и РЗЭ. Достигнуто содержание суммы РЗЭ и иттрия 1,62 %, редких элементов 0,37 %. Кон-

центрирование РЗЭ происходит неравномерно, элементов цериевой группы – в 11–13 раз относительно исходной руды, элементов иттриевой группы – от 1,5 до 8 раз. В 13 раз увеличилась и концентрация Th. С учетом минералогических данных предполагается, что основной концентрирующий РЗЭ цериевой группы и Th – монацит. Таким образом, доказана возможность получения концентрата РЭ и РЗЭ из рядовых конкремионных кианитовых руд.

Работа выполнена в рамках Программ фундаментальных исследований № 14-23-24-27 Президиума РАН и Интеграционного проекта «Развитие минерально-сырьевой базы России...» (руководитель проекта академик РАН В. А. Коротеев) и Президиума УрО РАН № 15-11-5-17. Кроме того, исследования частично финансировались по госзаказу ФАНО по теме 0393-2014-0022 «Геохимические факторы зарождения и эволюции эндогенных рудогенерирующих систем складчатых областей», руководитель профессор В. Н. Огородников.

ЛИТЕРАТУРА

- Беляев К. Д., Ганеев И. Г., Чайка В. И., Чернов В. Д. Рудные ресурсы и их размещение по геоэпохам. Редкие металлы: tantal, ниобий, скандий, редкоземли, цирконий, гафний: спр. способе. М.: Недра, 1996. 176 с.
- Огородников В. Н., Сазонов В. Н., Поленов Ю. А. Минерагенез шовных зон Урала. Уфалейский гнейсово-амфиболитовый комплекс (Южный Урал). Екатеринбург: Изд-во Ин-та геологии и геохимии УрО РАН – УГГУ, 2007. 187 с.
- Огородников В. Н., Сазонов В. Н., Поленов Ю. А. Минерагенез шовных зон Урала. Кочкарский рудный район (Южный Урал). Екатеринбург: УГГГА, 2004. 216 с.
- Коротеев В. А., Огородников В. Н., Войтеховский Ю. Л. и др. Небокситовое алюминиевое сырье России. Екатеринбург: УрО РАН, 2011. 228 с.
- Огородников В. Н., Коротеев В. А., Войтеховский Ю. Л. и др. Кианитовые руды России. Екатеринбург: УрО РАН, 2012. 334 с.
- Розанов К. И., Минаев Д. А. Геохимическая характеристика докембрийских гранитоидов Приазовья // Геохимия. 1973. № 2. С. 238–249.
- Бельков И. В. Кианитовые сланцы свиты Кейв. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1963. 136 с.
- Бельков И. В. Кианитовые месторождения // Минеральные месторождения Кольского полуострова. Л.: Наука, 1981. С. 163–177.
- Лутц Б. Г., Минаев Д. А. Парагенетический анализ, геохимия и минералогия метаморфических пород Уфалейского массива на Урале // Редкие элементы в породах различных метаморфических фаций. М.: Наука, 1967. С. 59–104.
- Войтеховский Ю. Л. Кианитовые сланцы Б. Кейв – стратегический ресурс России // Проблемы освоения кианитовых месторождений Кольского полуострова, Карелии и Урала. Апатиты: Горный ин-т КНЦ РАН, 2010. С. 3–21.
- Каменева Е. Е., Скамницкая Л. С., Щипцов В. В. Букчина О. В. Особенности вещественного состава и технологические свойства кианитовых руд Хизоваарского месторождения // Обогащение руд. 2003. № 6. С. 17–21.
- Щипцов В. В., Скамницкая Л. С., Бубнова Т. П., Данилевская Д. А. Роль геологических, минералогических и технологических исследований Института геологии КарНЦ РАН в оценке потенциала минерально-сырьевой базы Республики Карелия // Технологическая минералогия, методы переработки минерального сырья и новые материалы: сб. науч. тр. Петрозаводск, 2010. С. 37–55.

REFERENCES

1. Belyaev K. D., Ganeev I. G., Chayka V. I., Chernov V. D. 1996, *Rudnye resursy i ikh razmeshchenie po geoepokham. Redkie metally: tantal, niobi, skandiy, redkie zemli, tsirkoni, gafniy. Spravochnoe posobie* [Ore resources and their placement along the geo eras. Rare metals: tantalum, niobium, scandium, rare-earth, zirconium, hafnium. A Reference guide], Moscow, 176 p.
2. Ogorodnikov V. N., Sazonov V. N., Polenov Yu. A. 2007, *Minerageniya shovnykh zon Urala. Ufaleykskij gneysovo-amfibolitovyj kompleks (Yuzhnyy Ural)* [Minerageny suture zones of the Urals. Ufaley gneiss-amphibolite complex (the South Urals)], Ekaterinburg, 187 p.
3. Ogorodnikov V. N., Sazonov V. N., Polenov Yu. A. 2004, *Minerageniya shovnykh zon Urala. Kochkarskiy rudnyy rayon (Yuzhnyy Ural)* [Minerageny suture zones of the Urals. Kochkarskoye ore district (Southern Urals)], Ekaterinburg, 216 p.
4. Koroteev V. A., Ogorodnikov V. N., Voytekhevskiy Yu. L., Shchiptsov V. V., Polenov Yu. A., Savichev A. N., Koroteev D. V. 2011, *Neboksitovoje alyuminievoe syr'e Rossii* [Non bauxite aluminum raw materials of Russia], Ekaterinburg, 228 p.
5. Ogorodnikov V. N., Koroteev V. A., Voytekhevskiy Yu. L., Shchiptsov V. V., Polenov Yu. A., Neradovskiy Yu. N., Skamnitskaya L. S., Savichev A. N., Koroteev D. V. 2012, *Kianitovye rudy Rossii* [Kyanite ores of Russia]. Ekaterinburg, 334 p.
6. Rozanov K. I., Mineev D. A. 1973, *Geokhimicheskaya kharakteristika dokembriyskikh granitoидov Priazov'ya* [Geochemical characteristics of Precambrian granitoids of the Priazovye]. Geokhimiya [Geochemistry International], no. 2, pp. 238–249.
7. Bel'kov I. V. 1963, *Kianitovye slantsy Keyv* [Kyanite schists of the Keyv formation], Moscow, 136 p.
8. Bel'kov I. V. 1981, *Mineral'nye mestorozhdeniya Kol'skogo poluostrova* [Mineral deposits of the Kola peninsula], Leningrad, pp. 163–177.
9. Lutts B. G., Mineev D. A. 1967, *Redkie elementy v porodakh razlichnykh metamorficheskikh fazy* [Rare elements in the rocks of various metamorphic facies], Moscow, pp. 59–104.
10. Voytekhevskiy Yu. L. 2010, *Kianitovye slantsy B. Keyv – strategicheskiy resurs Rossii. Problemy osvoeniya kianitovyh mestorozhdeniy Kol'skogo poluostrova, Karelii i Urala* [Kyanite schists of Keyv – Russia's strategic resource. Problems of development of kyanite deposits of the Kola peninsula, Karelia and the Urals], Apatity, pp. 3–21.
11. Kameneva E. E., Skamnitskaya L. S., Shchiptsov V. V., Bukchina O. V. 2003, *Osobennosti veshchestvennogo sostava i tekhnologicheskie svoystva kianitovyh rud Khizovaarskogo mestorozhdeniya* [Features of material composition and technological properties of kyanite ore deposits of Hizovaarsk deposit]. Obogashchenie rud [Ore dressing], no. 6, pp. 17–21.
12. Shchiptsov V. V., Skamnitskaya L. S., Bubnova T. P., Danilevskaya D. A. 2010, *Rol' geologicheskikh, mineralogicheskikh i tekhnologicheskikh issledovanii Instituta geologii KarNTs RAN v otsenke potentsiala mineral'nogo-syr'evoy bazy Respubliki Kareliya. Sb. nauchn. tr. «Tekhnologicheskaya mineralogiya, metody pererabotki mineral'nogo syr'ya i novye materialy* [The role of the geological, mineralogical and technological researches of the Institute of Geology of Karelian Research Centre of Russian Academy of Sciences to assess the potential of the mineral resource base of the Republic of Karelia. Collection of scientific papers «Technological mineralogy, methods for recycling of mineral products and new materials», Petrozavodsk, pp. 37–55.

Виктор Алексеевич Коротеев,

Koroteev@igg.uran.ru

Институт геологии и геохимии УрО РАН
Россия, Екатеринбург, ул. Вонсовского, 15

Юрий Алексеевич Поленов,

Виталий Николаевич Огородников,

Александр Николаевич Савичев,

Уральский государственный горный университет
Россия, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

Viktor Alekseevich Koroteev,

Koroteev@igg.uran.ru

The Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry of the Ural Branch of the Russian Academy of sciences
Ekaterinburg, Russia

Yuriy Alekseevich Polenov,

Vitaliy Nikolaevich Ogorodnikov,

Aleksandr Nikolaevich Savichev,

Ural State Mining University
Ekatrinburg, Russia

СИНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ГЕОРИСКОВ В БАССЕЙНАХ ГОРНЫХ РЕК ТЯНЬ-ШАНЯ

Л. Э. Оролбаева, А. А. Мелешко

Synergistic effects during the formation of geohazards in the mountain river basins of the Tien Shan

L. E. Orolbaeva, A. A. Meleshko

The complex orography of Tien-Shan, geodynamically unstable environment determine the formation of such natural processes as landslides, earthquakes, mudslides, floods and high waters. Dumps and tailings of mining and extractive industries, located in channels and floodplains of spleen and landslide-prone rivers significantly complicate the manifestation of dangerous natural processes and reduce the ecological situation. It determines the necessity of studying factors and conditions of formation of these processes, identifying patterns of their manifestations and interconnections, as well as the study of the nature of the triggers that lead to the emergence of synergies. The article describes the natural conditions and factors of formation of dangerous natural processes and phenomena of the Tien Shan, the characteristic of technogeneous factors. Authors analyzed and typed geohazards with a synergistic effect manifesting with the greatest frequency in the mountain river basins of the Tien Shan. The article describes the formation of different types of floods with the manifestation of the synergistic effect and the formation of a cascade of dangerous processes. Examples of the formation of hazardous processes are river basins of Ala-Archa and Mailuu-Suu with typical for the majority of mountain river basins natural conditions, the activity of dangerous natural processes and the basin of river Mailuu-Suu also has the imposition of anthropogenic factors: the presence of radioactive dumps and tailings. For river basin. Ala-Archa authors reviewed a manifestation of the synergistic effect and the formation of a cascade of dangerous processes under different trigger events. For Mailuu-Suu river basin authors give projections of volume calculations dammed lake during the landslide, analyze the possible options for the development of dangerous processes. To justify the prediction of synergistic effects in the formation of geohazards in mountain river basins it is necessary to evaluate the existing relationship between hazardous natural and technological processes, determine the likely triggers, their nature, and trigger chance in time and space.

Keywords: mountain river basins; natural hazards; climate change; technogeneous factors; synergistic effects; prognosis; management of geohazards.

Сложная орография территории Тянь-Шаня и геодинамически неустойчивая среда определяют формирование таких природных процессов, как оползни, землетрясения, селевые потоки, наводнения и паводки. Отвалы и хвостохранилища предприятий горнодобывающей промышленности, размещенные в руслах и поймах селе- и оползнеопасных рек, существенно усложняют проявление опасных природных процессов и ухудшают экологическую ситуацию. Это определяет необходимость изучения факторов и условий формирования этих процессов, выявления закономерностей их проявления и взаимосвязи, а также изучения природы пусковых механизмов, приводящих к возникновению синергетических эффектов. В статье рассмотрены природные условия и факторы формирования опасных природных процессов и явлений Тянь-Шаня, дана характеристика техногенных факторов. Анализированы и типизированы геориски с синергетическим эффектом, проявляющиеся с наибольшей частотой в бассейнах горных рек Тянь-Шаня. Описано формирование селей различных типов с проявлением синергетического эффекта и формированием каскада опасных процессов. В качестве примеров формирования опасных процессов рассматриваются бассейны рек Ал-Арча и Майлуу-Суу с типичными для большинства бассейнов горных рек природными условиями, активностью опасных природных процессов, а бассейн р. Майлуу-Суу и нахождением техногенных факторов – наличием радиоактивных отвалов и хвостохранилищ. Для бассейна р. Ал-Арча рассмотрено проявление синергетического эффекта и формирование каскада опасных процессов при различных пусковых событиях. Для бассейна р. Майлуу-Суу приведены прогнозные расчеты объема запрудного озера при сходе оползней, проанализированы возможные варианты развития опасных процессов. Для обоснования прогноза проявления синергетических эффектов при формировании георисков в бассейнах горных рек необходимо оценить существующую взаимосвязь между опасными природными и техногенными процессами, определить вероятные пусковые механизмы, их природу и вероятность срабатывания в пространстве и времени.

Ключевые слова: бассейны горных рек; опасные природные процессы; изменение климата; техногенные факторы; синергетические эффекты; прогноз; управление георисками.

На территории горных геосистем Тянь-Шаня, строение и развитие которых обусловлено длительной тектонической активностью, формируются многочисленные опасные природные процессы и явления. Сложная орография территории, геодинамически неустойчивая среда, принадлежность к зоне высокой сейсмичности, континентальный климат – всё это приводят к распространению и частому проявлению таких природных процессов, как оползни, землетрясения, селевые потоки, наводнения и паводки. Техногенные факторы существенно усложняют формирование георисков и экологическую ситуацию. Отвалы и хвостохранилища, размещенные в руслах и поймах селе- и оползнеопасных рек, законсервированных и не действующих ныне предприятий горнодобывающей промышленности, являются источниками формирования техногенных георисков, имеющих трансграничный характер, представляя угрозу загрязнения поверхностных и подземных вод, источников питьевого водоснабжения тяжелыми металлами и радионуклидами. Тенденция потепления климата, проявляю-

щаяся в регионе повышением среднегодовой температуры и количества осадков [1–3], приводит к устойчивому интенсивному процессу сокращения поверхности ледников и увеличению водности горных рек, что в свою очередь будет способствовать развитию паводков, селей и оползней. Климатические изменения и связанные с ними природные процессы могут привести в недалеком будущем к усугублению экологических последствий. Опасные природные процессы в горных странах часто взаимосвязаны и являются синергетическими, когда одно природное явление способно провоцировать другое, а возможно и целый ряд каскадных процессов, оказывая тем самым мультиплексный негативный эффект на экосистемы, социум и экономику [4–9]. В связи с ростом техногенной нагрузки на окружающую среду опасность возникновения неблагоприятных природных процессов возрастает. Наложение природных опасностей на техногенные приводит к возрастанию экологического, экономического ущерба и социального риска в пространственном и временном масштабах. Это определяет необходимость изучения факторов и условий формирования этих процессов, выявления закономерностей их проявления и взаимосвязи, а также изучения природы пусковых механизмов, приводящих к возникновению каскадных эффектов. Исследованию, картированию, прогнозу опасных природных процессов в горных странах посвящены работы ряда авторов [7–11], которые отмечают возросшую интенсивность опасных природных процессов в последние десятилетия. Изучение опасности возникновения таких процессов является особенно актуальным для территорий речных долин Тянь-Шаня, где сосредоточены крупные населенные пункты Киргизстана. По данным многолетних наблюдений МЧС, сели и паводки ввиду исключительной распространенности, повторяемости и наносимого суммарного ущерба находятся на первом месте среди опасных природных явлений Киргизстана (рис. 1).

Наиболее опасными по своему разрушительному воздействию являются гляциальные сели, связанные с прорывами ледниковых озер во внутрителиковых полостях, прорывами плотин моренных озер. Зона формирования гляциальных селей охватывает все территории современного оледенения Тянь-Шаня и Памиро-Алая в высотном интервале от 3000 до 4000 м над уровнем моря. В среднегорье, не имеющем современного оледенения, в пределах высот от 2600 до 3500 м формируются смешанные (снего-дождевые) сели, связанные с интенсивным снеготаянием и дождями. Зона формирования ливневых селей занимает значительные территории предгорий, адыров и невысоких гор (2000–2500 м). Здесь формируются селевые потоки от незначительных до мощных с расходами до нескольких сотен кубических метров в секунду. Зоны формирования ливневых паводков приурочены к низкогорью и предгорью в интервале высот от 1200 до 2000 м над уровнем моря. В Киргизстане 95 % всех населенных пунктов подвержены воздействию селей и паводков, поскольку они в большинстве своем расположены в долинах или на конусах выноса рек или временных водотоков.

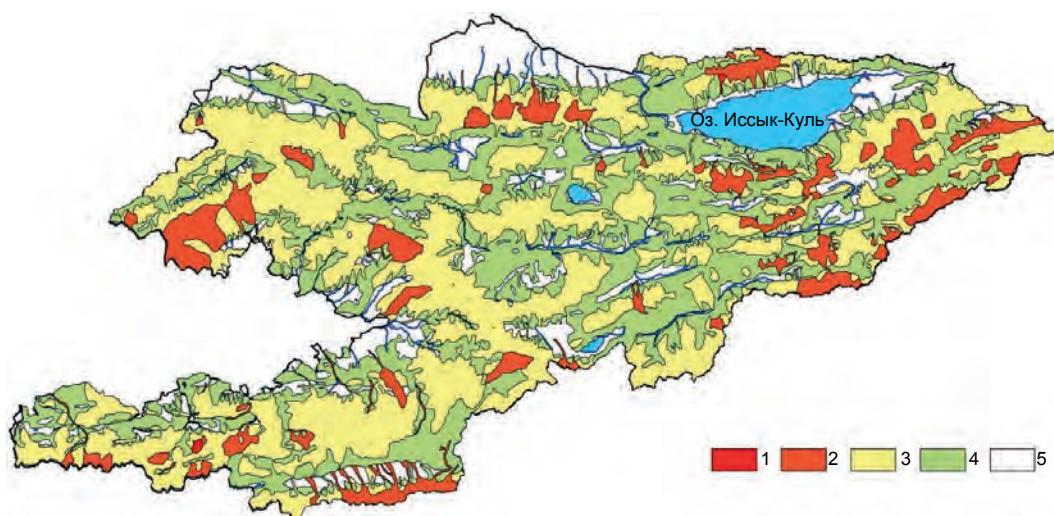


Рисунок 1. Карта-схема прогноза селевой опасности на территории Кыргызстана [12]. 1 – территории I степени селевой опасности с возможным проявлением катастрофических селей и паводков; 2 – территории II степени селевой опасности с возможным проявлением селей от 100 до 1000 м³/с; 3 – территории III степени селевой опасности с возможным проявлением селей от 10 до 100 м³/с; 4 – территории IV степени селевой опасности с возможным проявлением селей до 10 м³/с; 5 – селевые процессы и явления отсутствуют / Figure 1. A schematic map of mudflow danger forecast in territory of Kyrgyzstan.

Типичным примером формирования опасных процессов и проявления синергетических эффектов являются бассейны рек Ала-Арча и Майлуу-Суу. Выбор бассейна р. Ала-Арча в качестве объекта исследования обусловлен типичностью для большинства бассейнов горных рек, активностью опасных природных процессов, а в бассейне р. Майлуу-Суу – и наложением техногенных факторов: наличием отвалов и хвостохранилищ консервированных предприятий горнодобывающей промышленности. Бассейн р. Ала-Арча с ее многочисленными притоками является одним из самых селопасчных на северном Тянь-Шане. Формирование катастрофических паводков и селей здесь определяется мощным оледенением, высокогорными прорываоопасными озерами, типично горным рельефом с глубокой расчлененностью и крутыми, часто отвесными склонами, большой высотой водоразделов и скоплением рыхлообломочного материала, питающего селевые потоки. Значения абсолютных высот составляют от 1500 до 4400 м над уровнем моря. Среднегодовое количество осадков по долинной части составляет 500–600 мм, в горной – до 1000 мм. Высота снежного покрова составляет по долинам 10–30 см, в горах 200 см. Река Ала-Арча берет свое начало с Большого Ала-Арчинского ледника, принимая с востока притоки Джинди-Суу, Топ-Караагай, Теке-Тор, Тюлюк-Суу, Ак-Сай, Кашка-Суу и с запада Адыгене. Впадает р. Ала-Арча в р. Чу, проходя через Бишкек и густонаселенную Чуйскую долину. Общая протяженность р. Ала-Арча 76 км, площадь бассейна – 270 км². Питание реки осуществляется преимущественно за счет ледников и высокогорных снегов, атмосферных осадков. Р. Ала-Арча и ее притоки являются типичными горными реками с высокими уклонами русел, высокими скоростями течения, неравномерным водным режимом. Так, при среднегодовом расходе воды р. Ала-Арча максимум 4,0–4,5 м³/с при выпадении ливневых осадков он может достигать 50 м³/с. В ее бассейне находится 16 высокогорных прорываоопасных озер, из которых к наиболее опасным отнесены Адыгене приледниковое (объемом 70 тыс. м³), Кашка-Суу (объемом 120 тыс. м³) и селевой очаг Ак-Сай (объемом 150 тыс. м³ [4]. Здесь формируются сели различных типов: гляциальные (р. Ак-Сай), дождевые ливневые (реки Кашка-Суу, Мурат-Сай, Карагай-Булак), сели, связанные с прорывом высокогорных озер (верховья рек Топ-Караагай,

Адыгене, Тез-Тэр, Кашка-Суу). Проявляются и сейсмогенные сели. При образовании селей различного генезиса, как правило, проявляются синергетический эффект и формирование каскада опасных процессов (рис. 2).

При этом чем выше область зарождения селя, тем мощнее и сложнее синергетика формирующихся процессов.

Например, катастрофический сель, прошедший 2 июня 1953 г. по р. Адыгене, образовался от прорыва моренного озера в верховьях реки. Его расходы в устье достигли 400 м³/с. Не менее опасны и более часты сели на р. Аксай (1960–1963, 1965, 1969–1971 гг.). Их причина – опорожнение внутритеидниковых емкостей. В результате этих селей на конусе выноса р. Аксай было уничтожено около 50 га леса, были и человеческие жертвы [5].

Анализ современного климата Чуйской долины и северного склона Киргизского хребта [12, 13] за последние 80 лет свидетельствует о потеплении климата с существенным ростом осадков в долине (18 %) и на всем северном склоне Киргизского хребта (6 %). Очевидно, что при сохранении этой тенденции следует ожидать роста числа опасных процессов с синергетическим эффектом. В этих условиях управление георисками, прогнозирование опасных природных процессов, особенно с синергетическим эффектом, представляет значительную сложность. Например, даже при постоянном мониторинге прорываоопасных высокогорных озер можно достаточно достоверно определить время наполнения озера, однако определить дату и время его прорыва невозможно. Таким образом, при прогнозе георисков в таких условиях с данными гляциологического мониторинга, аэровизуальных наблюдений и гидрометеорологической информации необходимо использовать и данные по истории прорывов озер.

Формирование георисков с синергетическим эффектом имеет место и в бассейне р. Майлуу-Суу. Река и ее притоки имеют снежно-ледниковое питание. Максимальный расход р. Майлуу-Суу 108 м³/с. Среднегодовое количество осадков по долинной части составляет 500–600 мм, в горной до 1000 мм. Ежегодные в весенне-летний период (апреле, мае, июне) паводки отмечаются на р. Майлуу-Суу и ее притоках (Кутай, Карагач, Сары-Бия, Айлампа-Сай) и сопровождаются эрозией берегов с повреждением автодорог, автомобильных мостов, угрозой затопления объ-

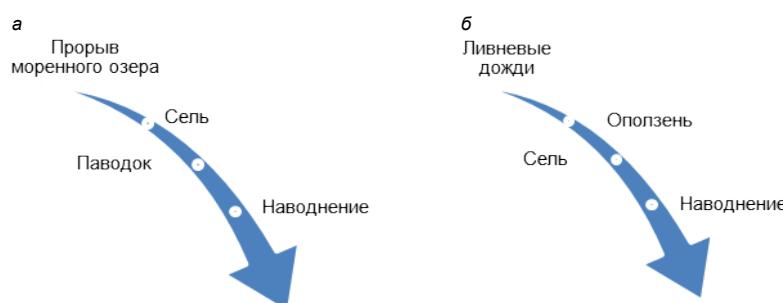


Рисунок 2. Опасные природные процессы с синергетическим эффектом в бассейне р. Ала-Арча при формировании «пусковых» процессов. а – в низкогорье; б – в высокогорье / Figure 2. Dangerous natural processes with a synergistic effect in the Ala-Archa river basin in the formation of «start-up» processes.

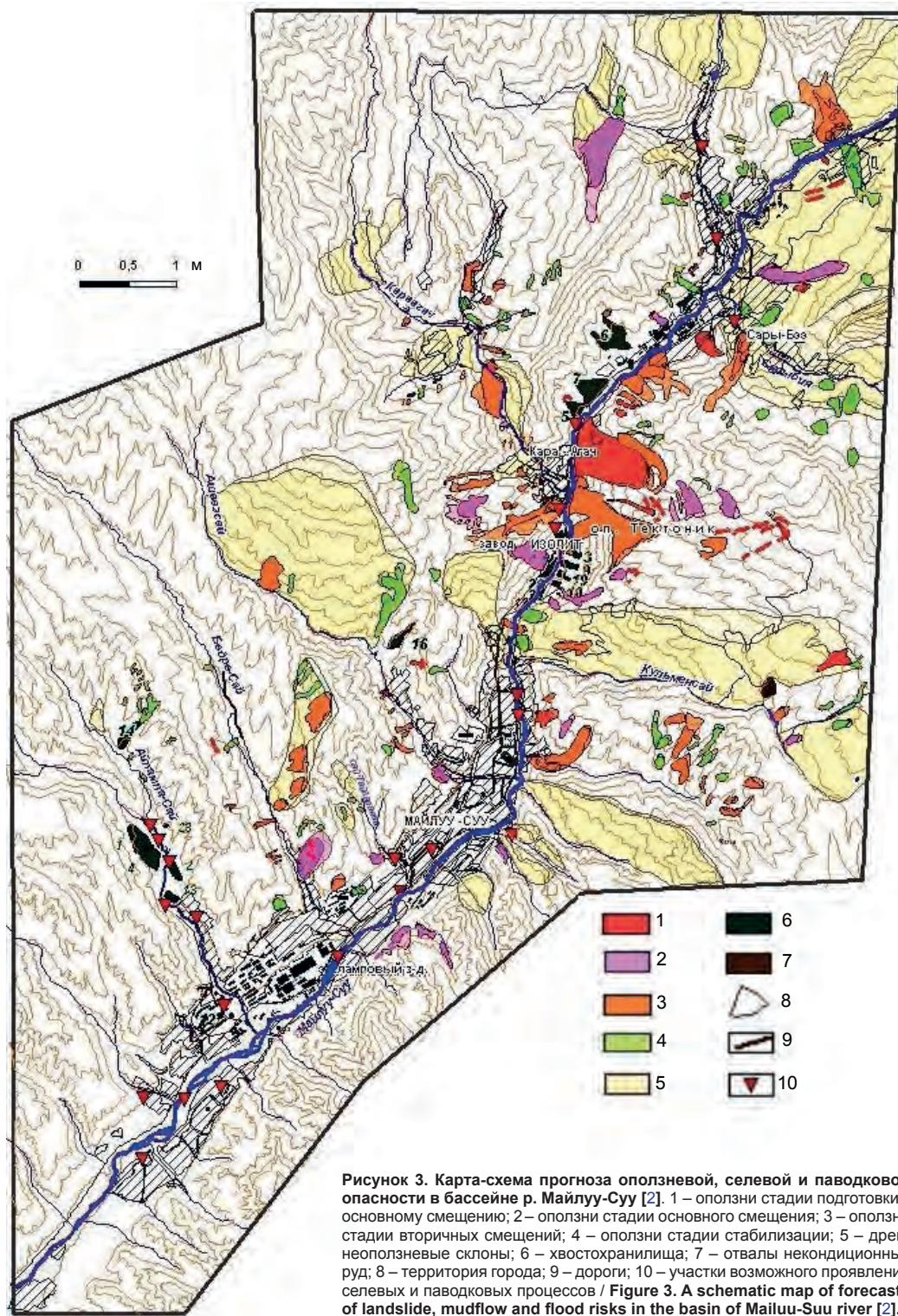


Рисунок 3. Карта-схема прогноза оползневой, селевой и паводковой опасности в бассейне р. Майлуу-Суу [2]. 1 – оползни стадии подготовки к основному смещению; 2 – оползни стадии основного смещения; 3 – оползни стадии вторичных смещений; 4 – оползни стадии стабилизации; 5 – древнеоползневые склоны; 6 – хвостохранилища; 7 – отвалы некондиционныхrud; 8 – территория города; 9 – дороги; 10 – участки возможного проявления селевых и паводковых процессов / **Figure 3. A schematic map of forecasts of landslide, mudflow and flood risks in the basin of Mailuu-Suu river [2].**

ектов, расположенных в прибрежной зоне водотоков. По р. Майлуу-Суу и ее притокам с высокой повторяемостью проходят ливневые селевые потоки. В верховье р. Майлуу-Суу расположено прорывающее озеро Кутман-Кель [3]. Основная техногенная нагрузка приходится на геодинамически слабоустойчивую территорию низко- и среднегорья с глубокими эрозионными речными врезами, перепадом высот в пределах 850–1600 м, протягивающуюся полосой шириной 5 км вдоль русла р. Майлуу-Суу и ее притоков [4, 7, 8]. Территория находится в районе высокой сейсмичности и высокой подверженности оползням (рис. 3).

Наиболее крупными являются оползни Кой-Таш, Тектоник и Изолит, которые не только опасны для населения, но и представляют опасность разрушения хрестохранилищ. В долине р. Майлуу-Суу с 1945 г. проводилась промышленная эксплуатация месторождения урана. Поз-

тому ситуация здесь осложняется тем, что большая часть урановых хвостохранилищ и горных отвалов размещена в поймах р. Майлуу-Суу и ее притоков. Таким образом, геодинамически неустойчивая среда бассейна р. Майлуу-Суу определяет условия формирования сейсмической, оползневой, селевой опасностей, опасности наводнения, прорыва высокогорного озера, трансграничного радиоактивного загрязнения водных ресурсов. Любой из перечисленных опасных процессов может сформировать синергетический эффект с каскадом опасных процессов и выносом хвостового материала не только в долину р. Майлуу-Суу, но и в густонаселенную Ферганскую долину. Возможные варианты развития опасных процессов приведены на [рис. 4](#).

При формировании каскадных процессов ситуация становится еще более сложной из-за риска полного перекрытия р. Майлуу-Суу ополз-



Рисунок 4. Возможные варианты развития опасных процессов с синергетическим эффектом в долине р. Майлуу-Суу / Figure 4. Possible options for the development of dangerous processes with a synergistic effect in the valley of Mailuu-Suu river.

Вероятные максимальные расходы р. Майлуу-Суу и объем образуемого озера при сходе оползней Тектоник и Кой-Таш.

При сходе оползня Тектоник			При сходе оползня Кой-Таш		
Высота дамбы, м	Объем образуемого озера, м ³	Максимальный расход реки, м ³ /с	Высота дамбы, м	Объем образуемого озера, м ³	Максимальный расход реки, м ³ /с
1	2500	26,3	1	1189	19,2
5	44 263	173	5	27 337	140,8
10	159 470	395	10	170 373	406,5
20	1 071 545	1177	20	1 147 747	1211,8
30	3 306 000	2240	30	3 573 860	2315

невой дамбой в местах расположения хвостохранилищ и образования запрудного озера. Объем образуемого озера определяет уровень возможного разрушения хвостохранилищ. Одним из вариантов прогноза развития синергетических процессов является расчет возможной высоты оползневой дамбы при сходе оползней Тектоник и Кой-Таш, объема озера и возможных максимальных расходов р. Майлуу-Суу при прорыве оползневого перекрытия. Оценка расходов р. Майлуу-Суу в случае прорыва оползневой дамбы выполнялась аналогично расчету разрушений насыпных дамб. Ее результаты приведены в таблице.

Полученные данные могут быть использованы при прогнозе синергетических эффектов в долине р. Майлуу-Суу. Более точное определение максимального уровня воды в местах расположения хвостохранилищ и в городе Майлуу-Суу требует детальных расчетов, для которых прежде всего необходимо знать точную топографию региона, концентрацию отложений, средние скорости течения реки, продольный уклон, диаметр частиц наносов. Необходима детальная оценка профиля р. Майлуу-Суу для расчетов ожидаемых скоплений вынесенных рекой материалов. Для обоснования прогноза каскада взаимосвязанных опасных процессов в долине р. Майлуу-Суу необходимо оценить существующую взаимосвязь между опасными природными и техногенными процессами, определить вероятные пусковые механизмы, их природу и вероятность возникновения (срабатывания) таких механизмов в пространстве и времени.

Выводы

Опасные природные процессы в бассейнах горных рек часто взаимосвязаны и являются синергетическими, когда одно природное явление способно провоцировать ряд каскадных процессов.

При образовании селей различного генезиса, как правило, проявляются синергетический эффект и формирование каскада опасных процессов. При этом чем выше область зарождения селя, тем мощнее и сложнее синергетика формирующихся процессов.

Для обоснования прогноза синергетических эффектов опасных процессов необходимо оценить существующую взаимосвязь между потенциально опасными природными и техногенными процессами, определить вероятные пусковые механизмы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Второе Национальное сообщение Кыргызской Республики по Рамочной Конвенции ООН об изменении климата. Бишкек. 2008. 216 с.
2. Мониторинг, прогнозирование опасных процессов и явлений на территории Кыргызской Республики. Бишкек: МЧС КР, 2014. 718 с.
3. Национальный доклад о состоянии окружающей среды Кыргызской Республики за 2011–2015 гг. Бишкек, 2016. 196 с.
4. Торгоев И. А., Алешин Ю. Г. Экология горнопромышленного комплекса Кыргызстана. Бишкек: Илим, 2009. 193 с.
5. Добровольский Н. С., Замай В. И., Баймуратов Б. Б. Разработка серверного программного обеспечения автоматизированной системы мониторинга параметров окружающей среды горных территорий // Проблемы автоматики и управления. 2014. № 1. С. 39–46.

6. Оролбаева Л. Э. Геогидрология горных стран (на примере Тянь-Шаня и Памиро-Алая). Бишкек: Техник, 2013. 185 с.

7. Оролбаева Л. Э., Мелешко А. А. Геотехнические риски и проблемы мониторинга радиоактивного загрязнения водных ресурсов бассейна реки Майлуу-Суу // Изв. КГТУ. 2012. № 27. С. 240–243.

8. Kappes M., Keiler M., Glade T. From single- to multi-hazard risk analyses: a concept addressing emerging challenges // Proc. Int. Conf. on Mountain Risks: Bringing Science to Society, Firenze, Italy, 24–26 Nov. 2010. P. 351–356.

9. Schmidt J., Matcham I. et al. Quantitative multi-risk analysis for natural hazards: a framework for multi-risk modelling // Nat Hazard. 2011. Vol. 58. P. 1169–1192.

10. Corominas C., Van Westen, Frattini P. et al. Recommendations for the quantitative analysis of landslide risk // Bulletin of Engineering Geology and the Environment. 2014. Vol. 73, issue 2. P. 209–263.

11. Crosta G. B., Agliardi F., Frattini P., Sosoi R. (eds). Safe Land Deliverable 1.1: landslide triggering mechanisms in Europe – overview and state of the art. Identification of mechanisms and triggers. 2012. URL: <http://www.safeland-fp7.eu/>

12. Chandonnet A., Mamadalieva Z., Orolbaeva L., Sagynbekova L., Tursunaliiev U., Umetbaeva D. Environment, climate change and migration In the Kyrgyz Republic. Бишкек: Триада Принт, 2016. 108 с.

13. Подрезов О. А. Современный климат Бишкека, Чуйской долины и Северного склона Киргизского хребта. Бишкек, 2013. 201 с.

REFERENCES

1. 2008, *Vtoroe Natsional'noe soobshchenie Kyrgyzskoy Respubliky po Ramochnoy Konvensii OON ob izmenenii klimata* [Second National Report of the Kyrgyz Republic on the UN Convention on Climate Change], Bishkek, 216 p.
2. 2014, *Monitoring, prognozirovaniye opasnykh protsessov i yavlenii na territorii Kyrgyzskoy Respubliky* [Monitoring, forecasting of hazardous processes and phenomena on the territory of the Kyrgyz Republic], Bishkek, 718 p.
3. 2016, *Natsional'nyy doklad o sostoyanii okruzhayushchey sredy Kyrgyzskoy Respubliky za 2011–2015 gg.* [National Report on the State of the Environment of the Kyrgyz Republic for 2011–2015 years], Bishkek, 196 p.
4. Torgoev I. A., Alechin Yu. G. 2009, *Ekologiya gornopromyshlennogo kompleksa Kyrgyzstana* [Ecology of mining complex in Kyrgyzstan], Bishkek, 193 p.
5. Dobrovolskiy N. S., Zamay V. I., Baymuratov B. B. 2014, *Razrabotka servernogo programmnogo obespecheniya avtomatizirovannoy sistemy monitoringa parametrov okruzhayushchey sredy gornykh territoriy* [Development of the server software of the automated system for monitoring environmental conditions of mountain areas]. *Problemy avtomatiki i upravleniya* [Automation and Control Problems], no. 1, pp. 39–46.
6. Orolbaeva L. E. 2013, *Geogidrologiya gomykh stran (na primere Tyan'-Shanya i Pamiro-Alaya)* [Geohydrology of mountainous countries (on example of the Tien-Shan and Pamir-Alai)], Bishkek, 185 p.
7. Orolbaeva L. E., Meleshko A. A. 2012, *Geotekhnicheskie riski i problemy monitoringa radioaktivnogo zagryazneniya vodnykh resursov basseyna reki Maylu-Suu* [Geotechnical risks and problems of monitoring of the contamination of water resources in the basin of Mailu-Suu river]. *Izvestiya KGTU* [Proceedings of KSTU], no. 27, pp. 240–243.
8. Kappes M., Keiler M., Glade T. 2010, From single- to multi-hazard risk analyses: a concept addressing emerging challenges. In: Malet JP, Glade T, Casagli N (ed) Proc. Int. Conf. on Mountain Risks: Bringing Science to Society, Firenze, Italy, pp. 351–356.

9. Schmidt J., Matcham I. et al. 2011, Quantitative multi-risk analysis for natural hazards: a framework for multi-risk modelling. *Nat Hazard*, no. 58, pp. 1169–1192.
10. Corominas C., Van Westen, P. Frattini et al. 2014, Recommendations for the quantitative analysis of landslide risk. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, vol. 73, issue. 2, pp. 209–263.
11. Crosta GB., Agliardi F., Frattini P., Sosoi R. 2012, SafeLand Deliverable 1.1: landslide triggering mechanisms in Europe—overview and state of the art.
- Identification of mechanisms and triggers. Available at <http://www.safeland-fp7.eu/>
12. Chandonnet A., Mamadalieva Z., Orolbaeva L., Sagynbekova L., Tursunaliiev U., Umetbaeva D. 2016, Environment, climate change and migration In the Kyrgyz Republic. Bishkek, 108 p.
13. Podrezov O. A. 2013, *Sovremenny klimat Bishkeka, Chuyskoy doliny i Severnogo sklona Kirgizskogo khrebeta* [Modern climate of Bishkek, Chui Valley and northern slope of the Kyrgyz ridge], Bishkek, 201 p.

Лидия Эргешевна Оролбаева,

orolbaeval@mail.ru

Кыргызский государственный технический университет им. И. Рazzакова
Кыргызстан, Бишкек, пр. Чуй, 215

Анна Александровна Мелешко,

Российский университет дружбы народов
Россия, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6

Lidiya Ergeshlevna Orolbaeva,

orolbaeval@mail.ru

Kyrgyz State Technical University after named I. Razzakov
Bishkek, Kyrgyzstan

Anna Aleksandrovna Meleshko,

RUDN University,
Moscow, Russia

ОСОБЕННОСТИ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ КУЗБАССА

А. М. Шипилова, И. С. Семина

Features of physical properties of soil of technogenic landscapes of forest-steppe zone of Kuzbass

A. M. Shipilova, I. S. Semina

The article discusses the features of the main types of embryozems formed in the dumps located in the forest-steppe zone of Kuzbass. An intensive exploitation of coal deposits resulted in accumulating of a considerable fund of disturbed lands in the Kemerovo region. Technogenic landscapes appear in the place of once fertile land, through these areas regenerate themselves over time. These sites have a specific structure caused by the composition of the parent rocks, microclimate and the technology of deposits mining. Gradually they fit into the surrounding biogeocoenosis, become suitable for any particular purpose, and cease to be a source of negative effects on the environment. Therefore, the aim of the research was to study the physical properties of soils of technogenic landscapes, located in the forest-steppe zone of Kuzbass. The authors selected dumps located on the territory of Bachatskiy coal deposit as the main object of the study. The soil at the studied site consists of technical earth, humus-accumulative, organic-accumulative, sod and an initial embryozems, leached black earth. Comparing the heaps parameters with the soil parameters that are typical of a given area in order to identify the differences allows authors to make a conclusion of relation between main indicators of the physical properties of a soil and the substrate that was a basis for formation of a certain soil type. These soil descriptions illustrate the diversity and specificity of the soil cover, as well as a variety of soil remediation and environmental consequences of technogenic landscapes.

Keywords: technogenic landscapes; remediation; remediation resources.

Рассматриваются особенности основных типов эмбриоземов, формирующихся на отвалах, расположенных в лесостепной зоне Кузбасса. В результате интенсивной эксплуатации угольных месторождений в Кемеровской области накопился значительный фонд нарушенных земель. На месте когда-то плодородных земель формируются техногенные ландшафты, участки которых со временем самовосстанавливаются. Эти участки обладают специфическим строением, которое обусловлено составом почвообразующих пород, микроклиматом и технологией отработки месторождения. Постепенно они вписываются в окружающий биогеоценоз, становятся пригодными для каких-либо целей, перестают быть источником отрицательного воздействия на окружающую среду. Поэтому целью работы было исследование физических свойств почв техногенных ландшафтов, расположенных в лесостепной зоне Кузбасса. В качестве основного объекта исследования были выбраны отвалы, расположенные на территории Бачатского угольного месторождения. На исследуемом участке почвы представлены техноземом, гумусово-аккумулятивными, органо-аккумулятивными, дерновыми и инициальными эмбриоземами, черноземом выщелоченным. Сравниваются показатели с отвалов с показателями почв, характерными для данного района, с целью выявления различий. На основании полученных данных можно сделать вывод о зависимости основных показателей физических свойств от субстрата, на котором сформировались те или иные типы почв. Приведенные описания почв иллюстрируют разнообразие и специфику почвенного покрова, а также различные почвенно-экологические последствия рекультивации техногенных ландшафтов.

Ключевые слова: техногенные ландшафты; рекультивация; ресурсы рекультивации.

Проблема рекультивации земель, нарушенных при добыче полезных ископаемых открытым способом, является одной из ключевых проблем экологии в Кузбассе. В результате интенсивной эксплуатации угольных месторождений в Кемеровской области накопился значительный фонд нарушенных земель. На месте когда-то плодородных земель формируются техногенные ландшафты, участки которых со временем самовосстанавливаются. Эти участки обладают специфическим строением, которое обусловлено составом почвообразующих пород, микроклиматом и технологией отработки месторождения. Постепенно они вписываются в окружающий биогеоценоз, становятся пригодными для каких-либо целей, перестают быть источником отрицательного воздействия на окружающую среду.

С целью исследования физических свойств почв техногенных ландшафтов, расположенных в лесостепной зоне Кузбасса, были выбраны отвалы, расположенные на территории Бачатского угольного месторождения, приуроченного к зоне складчатого пояса предгорий Салаирского кряжа.

Общая площадь отвалов Бачатского месторождения составляет более 400 га. Возраст отвалов 20 лет. Это рекультивированные территории. Отвалы представляют собой огромный, высотой более 40 м навал горной породы на сравнительно ненарушенную естественную поверхность. Планирование поверхности осуществлялось бульдозером, в дальнейшем на часть спланированных участков были отсыпаны плодородный слой почвы (ПСП) и суглинок, а часть поверхности была оставлена под са-

мозаrstание. Транспортировка и отсыпка ПСП осуществлялись автомобильным транспортом, плодородный слой отсыпался неравномерно и на переуплотненное основание. Мощность отсыпки ПСП составляет от 40 до 100 см. Отвалы характеризуются сложным рельефом, встречаются насыпи глыб и щебня в виде гребней без возобновления растительности, между насыпями находятся котлованы, ложбины, канавы (рис. 1). Субстрат отвалов представлен смесью вскрышных и вмещающих пород: песчаников – 51,8 % от общей мощности пород вскрыши, песчаников глинистых – 27 %, алевролитов – 16,4 %, аргиллитов – 3,8 %, верхний вскрышный горизонт сложен лессовидными суглинками, обогащенными грубообломочным материалом [1].

На поверхности отвалов сформировались молодые почвы – эмбриоземы, которые обладают свойствами, отличающимися от свойств зональных почв данной территории [2]. Для выполнения исследований были выбраны ключевые участки, которые отличаются методами формирования поверхности отвалов и сформировавшимся за 20 лет почвенным растительным покровом.

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

Участок 2 находится на юго-западном склоне. Здесь проведена лесная рекультивация. В посадках сосны сформировались эмбриоземы органо-аккумулятивные.

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 самозаrstание. Здесь сформировались эмбриоземы дерновые и гумусово-аккумулятивные.

Участок 4 располагается на выровненной территории, на которой проведена отсыпка ПСП и потенциально плодородных пород (ППП) и сформирован технозем гумусогенный.

В районе проведения исследований со значительными техногенными нагрузками на естественные ландшафты было достаточно сложно выбрать контрольный участок. В итоге был выбран участок в сельскохозяйственной зоне степного ядра Кузнецкой котловины в нескольких десятках километров от антропогенных объектов с черноземом выщелоченным.

Исследования проводились на однородных по рельефу участках – склоновых или горизонтальных. В лабораторных условиях общепринятыми методами определялись физические свойства [3].

Гранулометрический состав почвообразующих пород оказывает большое влияние на скорость почвообразования в техногенных ландшафтах. От него зависит интенсивность почвообразовательных процессов: разрушение и синтез органических и минеральных веществ, их аккумуляция. Он же определяет физические, физико-механические и водные свойства почвы, тепловой режим [4].



Рисунок 1. Отвал на территории Бачатского угольного месторождения / Figure 1. The dump on the territory of Bachatskiy coal deposit.

На участках отвалов Бачатского месторождения, где сформировались эмбриоземы дерновые, гумусово-аккумулятивные и технозем гумусогенный, количество фракций физической глины значительно больше. Гранулометрический состав в данном случае определяется исходным составом субстратов, используемых для отсыпки на поверхность отвала. А устойчивый растительный покров способствует задержанию этих частиц от выноса водой и ветром.

В дерновом эмбриоземе, сформировавшемся на отсыпанной смеси суглинков и обломков пород, наблюдается облегчение гранулометрического состава мелкозема, что объясняется, скорее всего, привносом крупнопылеватой и песчаной фракций с окружающих территорий с водными потоками. Поскольку на этом участке сформировался устойчивый растительный покров, то он способствует задержанию этих частиц, что и приводит к увеличению содержания этих фракций в поверхностном слое эмбриозема дернового. В эмбриоземе гумусово-аккумулятивном (также за счет приноса крупнопылеватой и песчаной фракции), который расположен в понижении рельефа, наблюдается облегчение гранулометрического состава в верхнем горизонте (табл. 1).

В гумусогенном техноземе гранулометрический состав субстрата изначально определяется составом ПСП и ППП. В естественных почвах, в основном черноземах, материал которых использовался в качестве ППП и ПСП, гранулометрический состав очень незначительно меняется с глубиной и характеризуется постоянством. Поэтому и в созданных из этих субстратов техноземах гранулометрический состав существенно не меняется с глубиной. Незначительное увеличение глинистых частиц на глубине 10–30 см может быть вызвано изначальной неоднородностью субстрата ПСП, используемого для отсыпки гумусогенного горизонта.

Если сравнивать все типы эмбриоземов между собой, то можно сделать вывод, что эмбриоземы инициальные и органно-аккумулятивные, занимающие слабонаклонные поверхности и формирующиеся на техногенных элювиях, отличаются заметно большей каменистостью – более 70 % от всей массы субстрата (в остальных типах эмбриоземов каменистость не превышает 25 %). Однако необходимо отметить, что содержание каменистых фракций в данных типах эмбриоземов неодинаково (табл. 2).

Таблица 1. Гранулометрический состав почв.

Горизонт, глубина, см	Физическая глина < 0,01	Физический песок > 0,01	Горизонт, глубина, см	Физическая глина < 0,01	Физический песок > 0,01
Эмбриозем инициальный (Участок 1)					
C ₀ (0–13)	12,4	87,6	Ад (1–5)	37,2	62,8
D (13–30)	12,1	87,9	A ₁ (5–6)	42,3	57,7
D (30–40)	11,8	88,2	AC (6–21)	41,5	58,5
			C (21–75)	40,2	59,8
			D (75–90)	39,0	61,0
Эмбриозем органо-аккумулятивный (Участок 2)					
A ₀ C (1–7)	13,5	86,5	АdA ₁ (0–10)	42,3	57,6
C (7–14)	12,9	87,1	A ₁ (10–30)	45,6	54,3
C (14–48)	12,0	88,0	D ₁ (30–40)	44,3	55,6
			D ₂ (50–90)	46,5	53,4
Эмбриозем дерновый (Участок 3)					
Ад (1–4)	33,1	66,8	Ад (0–4)	75,6	23,3
АdС (4–19)	41,6	58,3	A (4–34)	75,9	22,9
C (19–40)	40,8	59,1	AB (38–48)	74,3	25,7
C (40–70)	41,7	58,2	B (48–78)	61,2	37,8
D (70–90)	41,5	58,4	ВK (78–100)	60,6	38,8
Чернозем выщелоченный					

Таблица 2. Содержание каменистой фракции в эмбриоземах.

Глубина, см	Содержание фракций размером (см), %					
	> 10	7	5	3	2	1
Эмбриозем органо-аккумулятивный						
0–10	30,39	10,28	12,40	17,52	4,61	24,80
10–20	53,64	8,24	7,15	14,36	2,87	13,74
20–30	63,33	6,89	4,04	10,54	2,03	13,16
30–40	46,67	8,95	18,98	8,36	1,68	15,36
Эмбриозем инициальный						
0–10	41,40	12,62	12,47	17,82	4,54	11,14
10–20	53,51	9,78	10,10	13,43	2,88	10,29
20–30	64,41	8,04	8,68	9,44	1,70	7,73
30–40	64,30	7,75	7,98	9,28	2,79	7,91

В приповерхностных горизонтах всех типов эмбриоземов содержание каменистых фракций ниже. Меньше всего их в слое 0–10, так как амплитуда колебания температуры и влажности в этом слое значительно выше, чем в нижележащих слоях, и процессы физического выветривания протекают интенсивнее. Как показывают исследования, неоднородность гранулометрического состава и наличие крупнозема тормозят биологическое освоение субстрата отвала и препятствуют проникновению корневых систем. Слои почвы с содержанием крупнозема до 70 % оказывают негативное влияние на гидротермические, водно-физические свойства всей почвы [1, 5]. Зарубежный опыт исследования свойств пород после проведения рекультивации нарушенных земель на старом (более 25 лет) буроугольном карьере Adamov в Польше также показывает, что неодно-

родный гранулометрический состав породы, высокая насыпная плотность и плотность в целике оказывают существенное влияние на развитие почвенного и растительного покрова [6].

Технология формирования отвалов определяет плотность и порозность формирующихся эмбриоземов. Бессистемность отсыпки пород приводит к тому, что плотность и порозность разных типов эмбриоземов отвала существенно различаются между собой [7]. На плотность эмбриоземов также влияет петрографический, минералогический и гранулометрический состав отсыпаемых пород (табл. 3).

Невысокие показатели плотности твердой фазы в органо-аккумулятивных и инициальных эмбриоземах объясняются значительным количеством углистых частиц в субстрате, а также углистого цемента в породах, складированных на этих участках.

По плотности сложения почвы можно судить о степени биологической освоенности субстрата. Плотность зависит не только от гранулометрического состава породы, но и от количества органического вещества. По этой причине указанная характеристика очень изменчива, особенно в верхних горизонтах почвы.

Плотность сложения техноземов изменяется в интервале 1,05–1,63 г/см³. Эти показатели по сравнению с показателями других типов почв наиболее близки контрольным. Плотность сложения эмбриоземов составляет 1,12–1,78 г/см³, что значительно превышает значения для естественных почв исследуемого района.

Особенно высокими оказываются данные показатели на инициальном, органо-аккумулятивном и дерновом эмбриоземах (глубина 0,6–0,7 м). Это объясняется малым содержанием органического вещества, значительным содержанием каменистых отдельностей (щебня) и неравномерным распределением мелкозема в почвенном профиле. Также большое

Таблица 3. Плотность и порозность эмбриоземов.

Почва	Глубина, см	Плотность твердой фазы, г/см ³	Плотность сложения, г/см ³	Порозность, %	Почва	Глубина, см	Плотность твердой фазы, г/см ³	Плотность сложения, г/см ³	Порозность, %
Технозем гумусогенный	0–5	2,54	1,05	58,7	Эмбриозем органо-аккумулятивный	0–10	2,60	1,39	46,5
	5–10	2,60	1,10	57,7		10–20	2,56	1,49	41,7
	10–20	2,60	1,18	55,1		20–30	2,55	1,42	41,5
	20–30	2,61	1,19	54,2		30–40	2,54	1,53	39,7
	30–40	2,62	1,23	53,5					
	40–50	2,62	1,43	45,9					
	50–60	2,63	1,58	40,9					
	60–70	2,64	1,62	39,9					
	70–80	2,64	1,63	38,9					
Эмбриозем дерновый	80–90	2,64	1,63	38,9					
	0–5	2,64	1,17	55,7	Эмбриозем инициальный	0–10	2,50	1,47	41,2
	5–10	2,62	1,28	51,1		10–20	2,58	1,51	41,5
	10–20	2,64	1,39	47,3		20–30	2,52	1,61	36,1
	20–30	2,71	1,45	46,4		30–40	2,68	1,74	35,0
	30–40	2,78	1,48	46,7					
	40–50	2,85	1,52	46,7					
	50–60	2,89	1,60	44,6					
	60–70	2,87	1,70	40,8					
Эмбриозем гумусово-аккумулятивный	70–80	2,86	1,78	37,8					
	0–5	2,60	1,12	57,7	Чернозем выщелоченный	0–5	2,46	0,78	68,1
	5–10	2,60	1,20	53,1		5–10	2,58	1,07	58,6
	10–20	2,62	1,28	51,1		10–20	2,63	1,25	52,6
	20–30	2,66	1,38	47,0		20–30	2,67	1,24	53,7
	30–40	2,70	1,42	46,8		30–40	2,75	1,29	53,0
	40–50	2,75	1,48	46,5		40–50	2,82	1,23	56,2
	50–60	2,79	1,52	46,0		50–60	2,86	1,36	52,5
	60–70	2,80	1,60	44,5		60–70	2,89	1,46	49,5
	70–80	2,80	1,62	43,0		70–80	2,89	1,42	51,0
	80–90	2,80	1,62	43,0		80–90	2,90	1,38	52,3
						100	2,92	1,36	53,4

влияние на плотность почвы оказывают технологии формирования отвалов, при которых используется тяжелая техника.

Наиболее высокие значения порозности обнаружены в верхних слоях технозема – от 53 до почти 59 %, до глубины 40 см. При переходе к подстилающей породе, состоящей из потенциально плодородных пород, происходит резкое снижение порозности до 39 %. Это связано с планировкой подстилающих пород и отсыпкой на их поверхность плодородного слоя почвы.

Наибольшая плотность и соответственно наименьшая порозность 35–36 % выявлена на участке с инициальным эмбриоземом. Высокое содержание каменистых отдельностей и отсутствие свободного пространства между камнями препятствуют проникновению воды и корневых систем растений в глубь почвы. И такое состояние без вмешательства человека может сохраняться очень длительное время, оставляя данные участки без растительного покрова и почвы на начальных этапах эволюции эмбриоземов [7, 8].

Таким образом, на основании полученных данных можно сделать вывод о зависимости основных показателей физических свойств от субстрата, на котором сформировались те или иные типы эмбриоземов [8, 9]. При этом факторы, лимитирующие формирование определенных типов эмбриоземов, могут быть различны, под воздействием климатических условий претерпевают изменения физические свойства, а со сменой стадий растительной сукцессии осуществляется переход от одного типа эмбриозема к другому.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андроханов В. А. Некоторые аспекты проблемы рекультивации нарушенных земель // Природно-техногенные комплексы: рекультивация и устойчивое функционирование: сб. материалов междунар. науч. конф. Новосибирск, 2013. С. 53–55.
2. Курачев В. М., Андроханов В. А. Классификация почв техногенных ландшафтов // Сибирский экологический журнал. 2002. № 3. С. 255–261.
3. Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы исследования физических свойств почв. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1986. 415 с.
4. Кауричев И. С. Почтоведение. М.: Колос, 1969. 542 с.
5. Беланов И. П., Мамедов Р. И. Природно-техногенные комплексы и их почвенно-экологическое состояние в районе интенсивной добычи каменного угля // Почва как базовый компонент наземных экосистем: Вторые Ковалевские молодежные чтения, 2013. С. 115–117.
6. Wojcik J. Kształtowanie sie wybranych właściwości fizycznych inicjalnych gleb na zwalisku zewnetrznym KWB "Adamow" // Inżynieria Środowiska w Krakowie. 2003. Vol. 8, № 2. P. 217–227.
7. Belanov I. P., Semina I. S., Shipilova A. M. 2013, *Pochvenno-ekologiczescie sostoyanie estestvennykh landshaftow v rayone intensivnoj dobycy kamennogo uгля* [Soil-ecological condition of natural landscapes in the area of intensive coal mining]. Kovalevskie molodezhnye chteniya «Pochva kak bazowy komponent nazemnykh ekosistem» [Second Kovalevsky's youth reading "The soil as a basic component of terrestrial ecosystems"], pp. 115–117.
8. Wojcik J. 2003, Kształtowanie sie wybranych właściwości fizycznych inicjalnych gleb na zwalisku zewnetrznym KWB "Adamow" [Formation of selected physical properties of initial soil on the outer dumping ground KWB "Adamow"]. Inżynieria Środowiska [Environmental Engineering], vol. 8, no. 2, pp. 217–227.
9. Belanov I. P., Semina I. S., Shipilova A. M. 2013, *Pochvenno-ekologiczescie sostoyanie estestvennykh landshaftow v rayone intensivnoj dobycy kamennogo uгля* [Soil-ecological condition of natural landscapes in the area of intensive extraction of coal]. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' [Mining Informational and Analytical Bulletin], no. 10, pp. 308–313.
10. Semina I. S., Belanov I. P., Shipilova A. M., Androkhann V.A. 2013, *Prirodno-tehnogennye kompleksy Kuzbassa: svoystva i rezhimy funktsionirovaniya* [Natural and technological complexes of Kuzbass: properties and operating modes], Novosibirsk, 396 p.
11. Kotovich A. A., Guman O. M. 2014, *Otsenka potentsial'nogo plodorodiya yeruvial'nykh suglinkov ural'skogo regiona dlya rekultivatsii narushennykh zemel'* [The assessment of potential of fertility of deluvial loams of Ural region for disturbed land remediation]. Izvestiya UGGU [News of the Ural State Mining University], no. 2, pp. 19–24.

Ася Максимовна Шипилова,
cardan@land.ru

Ирина Сергеевна Семина,
semina.i@mail.ru
Сибирский государственный индустриальный университет,
Россия, Кемеровская обл., Новокузнецк, пр. Бардина, 25

состояние естественных ландшафтов в районе интенсивной добычи каменного угля // ГИАБ. 2013. № 10. С. 308–313.

8. 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.
9. Котович А. А., Гуман О. М. Оценка потенциального плодородия делювиальных суглинков Уральского региона для рекультивации нарушенных земель // Изв. УГГУ. 2014. № 2. С. 19–24.

REFERENCES

1. Androkhann V. A. 2013, *Nekotorye aspekty problemy rekultivatsii narushennykh zemei* [Some aspects of land remediation]. *Prirodno-tehnogennye kompleksy: rekultivatsiya i ustoychivoe funktsionirovanie: Sb. materialov mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii* [Natural and technological systems: restoration and sustainable operation: Collection of Materials of international scientific conference], Novosibirsk, pp. 53–55.
2. Kurachev V. M., Androkhann V. A. 2002, *Klassifikatsiya pochv tekhnogennych landshaftov* [Classification of soil of anthropogenic landscapes]. *Sibirskiy ekologicheskiy zhurnal* [Siberian Journal of Ecology], no. 3, pp. 255–261.
3. Vadyunina A. F., Korchagina Z. A. 1986, *Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochv* [Methods of research of the physical properties of soil]. Moscow, 415 p.
4. Kaurichev I. S. 1969, *Pochvovedenie* [Pedology], Moscow, 542 p.
5. Belanov I. P., Mamedov R. I. 2013, *Prirodno-tehnogennye kompleksy i ikh pochvenno-ekologicheskoe sostoyanie v rayone intensivnoy dobuchi kamennogo uгля* [Natural and technological complexes and soil-ecological state in the area of intensive coal mining]. Kovalevskie molodezhnye chteniya «Pochva kak bazovy komponent nazemnykh ekosistem» [Second Kovalevsky's youth reading "The soil as a basic component of terrestrial ecosystems"], pp. 115–117.
6. Wojcik J. 2003, Kształtowanie sie wybranych właściwości fizycznych inicjalnych gleb na zwalisku zewnetrznym KWB "Adamow" [Formation of selected physical properties of initial soil on the outer dumping ground KWB "Adamow"]. Inżynieria Środowiska [Environmental Engineering], vol. 8, no. 2, pp. 217–227.
7. Belanov I. P., Semina I. S., Shipilova A. M. 2013, *Pochvenno-ekologiczescie sostoyanie estestvennykh landshaftow v rayone intensivnoj dobycy kamennogo uгля* [Soil-ecological condition of natural landscapes in the area of intensive extraction of coal]. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' [Mining Informational and Analytical Bulletin], no. 10, pp. 308–313.
8. Semina I. S., Belanov I. P., Shipilova A. M., Androkhann V.A. 2013, *Prirodno-tehnogennye kompleksy Kuzbassa: svoystva i rezhimy funktsionirovaniya* [Natural and technological complexes of Kuzbass: properties and operating modes], Novosibirsk, 396 p.
9. Kotovich A. A., Guman O. M. 2014, *Otsenka potentsial'nogo plodorodiya yeruvial'nykh suglinkov ural'skogo regiona dlya rekultivatsii narushennykh zemel'* [The assessment of potential of fertility of deluvial loams of Ural region for disturbed land remediation]. Izvestiya UGGU [News of the Ural State Mining University], no. 2, pp. 19–24.

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

ПАКРУТСКОЕ ЗОЛОТОРУДНОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ТАДЖИКИСТАН) И ОСОБЕННОСТИ ЕГО ГЕНЕЗИСА

Н. Ф. Набиев, А. Р. Файзиев

Pakrut gold deposit (Central Tajikistan) and specifics of its genesis

N. F. Nabiev, A. R. Fayziev

Pakrut gold deposit is located in a series of linearly elongated subparallel disjunctive disturbances among metasomatites of carbonate-quartz-albite composition. The geological structure of Pakrut gold deposit involves both plicative and disjunctive violations within a single graben-anticlinal structure. On the deposit, there are 4 stages of mineral formation: I – pre-ore quartz-albite-carbonate; II – unproductive quartz-pyrite-arsenopyrite; III – early productive gold-quartz-carbonate-sulphide; IV – productive late quartz-carbonate-barite-fahlore with gold and silver. In the lower part of the field dominates an early high-pyrite-arsenopyrite stage, in the middle part – polymetallic stage, and in its upper part – stibnite-sulphosalt mineralization stage. The latter is more recent and less high temperature formation. Gold mineralization is related to the early productive and late productive mineralization stages. Native gold on the Pakrutsk deposit occurs as finely dispersed dusty disseminations, cloudy, drop-shaped, oval, tape, shapeless and plate selections. In extremely rare cases, the gold occurs in the form of octahedral crystals. The most gold bearing are vein-disseminated ores with pyrite and arsenopyrite, and gold in them is mostly finely dispersed. Gold differs by chemical purity and was formed from substantial hydrocarbon solutions at a temperature of 250–150 °C. For gold mineralization of Pakrutsk deposits one ought to expect subcrustal connection with a source of the substance. This is evidenced by confinement of the deposit to the regional deep foundation fault, the presence if the Pakrutsk fault zone of carbonaceous metasomatites of restored nature and presence on the area of the deposit of sub-alkaline gabbros and basalts. The genesis of gold mineralization of Pakrutsk deposit by the nature of connection with the wallrock metasomatism and other signs scientists define as hydrothermal-metasomatic, with vein-interspersed mineralization type. The main role in mineralization placing belonged to the processes of the implementation of open spaces, with the subordinate role of metasomatic replacement of wall rocks, which took place during the formation of the products of the earliest stages of mineralization. In the final stages here were nearly no near-vein rocks changes.

Keywords: gold; deposit; Pakrutsk; mineralization; stage; generation; impurity elements.

Пакрутское золоторудное месторождение локализовано в серии линейно вытянутых субпараллельных дислокационных нарушений среди метасоматитов карбонатно-кварц-альбитового состава. В геологическом строении Пакрутского золоторудного месторождения участвуют как пликативные, так и дислокационные нарушения в пределах единой грабен-антиклинальной структуры. На месторождении установлены 4 стадии минералообразования: I – предрудная кварц-альбит-карбонатная; II – непродуктивная кварц-пирит-арсенопиритовая; III – ранняя продуктивная кварц-золото-карбонатно-сульфидная; IV – поздняя продуктивная кварц-карбонат-барит-блеклорудная с золотом и серебром. В нижней части месторождения преобладает ранняя высокотемпературная пирит-арсенопиритовая, в средней – полиметаллическая, а в верхней – антимонит-сульфосольная минерализация. Последняя является более поздним и менее высокотемпературным образованием. Золотое оруденение связано с раннепродуктивными и позднепродуктивными стадиями минералообразования. Самородное золото на Пакрутском месторождении встречается в виде тонкодисперсной пылевидной вкрапленности, комковидных, каплевидных, овальных, пленочных, бесформенных и пластиччатых выделений. В исключительно редких случаях золото встречается в виде кристаллов октаэдрической формы. Наиболее золотоносными являются прожилково-вкрапленные руды с пиритом и арсенопиритом, причем золото в них главным образом тонкодисперсное. Золото отличается химической чистотой и образовалось из существенно гидрокарбонатных растворов при температуре 250–150 °C. Для золотого оруденения Пакрутского месторождения предполагается связь с подкоровым источником вещества. Об этом свидетельствуют приуроченность месторождения к региональному разлому глубокого заложения, присутствие в зоне Пакрутского разлома углеродсодержащих метасоматитов восстановленного характера и нахождение на площади месторождения пород субшелочных габброидов и базальтоидов. Генезис золотой минерализации Пакрутского месторождения по характеру связи с околоводным метасоматитом и другими признаками определен как гидротермально-метасоматический с жильно-вкрапленным типом оруденения. В размещении оруденения основная роль принадлежала процессам выполнения открытых полостей при подчиненной роли метасоматического замещения боковых пород, имевшего место при формировании продуктов наиболее ранних стадий минерализации. На заключительных стадиях околожильных изменений пород почти не было.

Ключевые слова: золото; месторождение; Пакрут; минерализация; стадия; генерация; элементы-примеси.

Месторождение Пакрут расположено на южных отрогах Гисарского хребта, в бассейне р. Сардаи-Миёна. Относится оно к кварц-золото-малосульфидной формации по классификации Н. В. Петровской [1] и представлено линзовидными телами и минерализованными зонами метасоматитов карбонат-кварц-альбитового и кварц-серicitового составов, локализованных среди измененных хлорит-серicit-кварцевых сланцев верхнего ордовика (рис. 1). Кроме того, на площади месторождения развиты фациально-изменчивые образования силура (известковые доломиты, известняки, сланцы), девона (известняки, сланцы) и карбона (конгломераты, гравелиты, песчаники с прослоями глинистых сланцев). Магматические образования характеризуются весьма ограниченным развитием и представлены дайками щелоч-

ных базальтоидов, отвечающих по составу камптонитам и мончицитам.

Промышленное оруденение размещается в серии линейно вытянутых субпараллельных тектонических нарушений, вдоль которых развиты метасоматиты с сульфидной минерализацией. По морфологическим особенностям рудные тела бывают как секущие жильные (преимущественно кварцевые жилы с вкраплениями и прожилками сульфидов и сульфосолей), так и межформационные и внутриформационные, в виде зон окварцевания.

Основной складчатой структурой месторождения является Пакрутская антиклиналь, а наиболее крупной разрывной структурой – Графитовый разлом, прослеживаемый в северном крыле упомянутой антиклинали. Для месторождения характерен четкий структурный контроль оруденения, в строении которого участвуют как пликативные, так и дислокационные нарушения в пределах единой грабен-антиклинальной структуры (рис. 2).

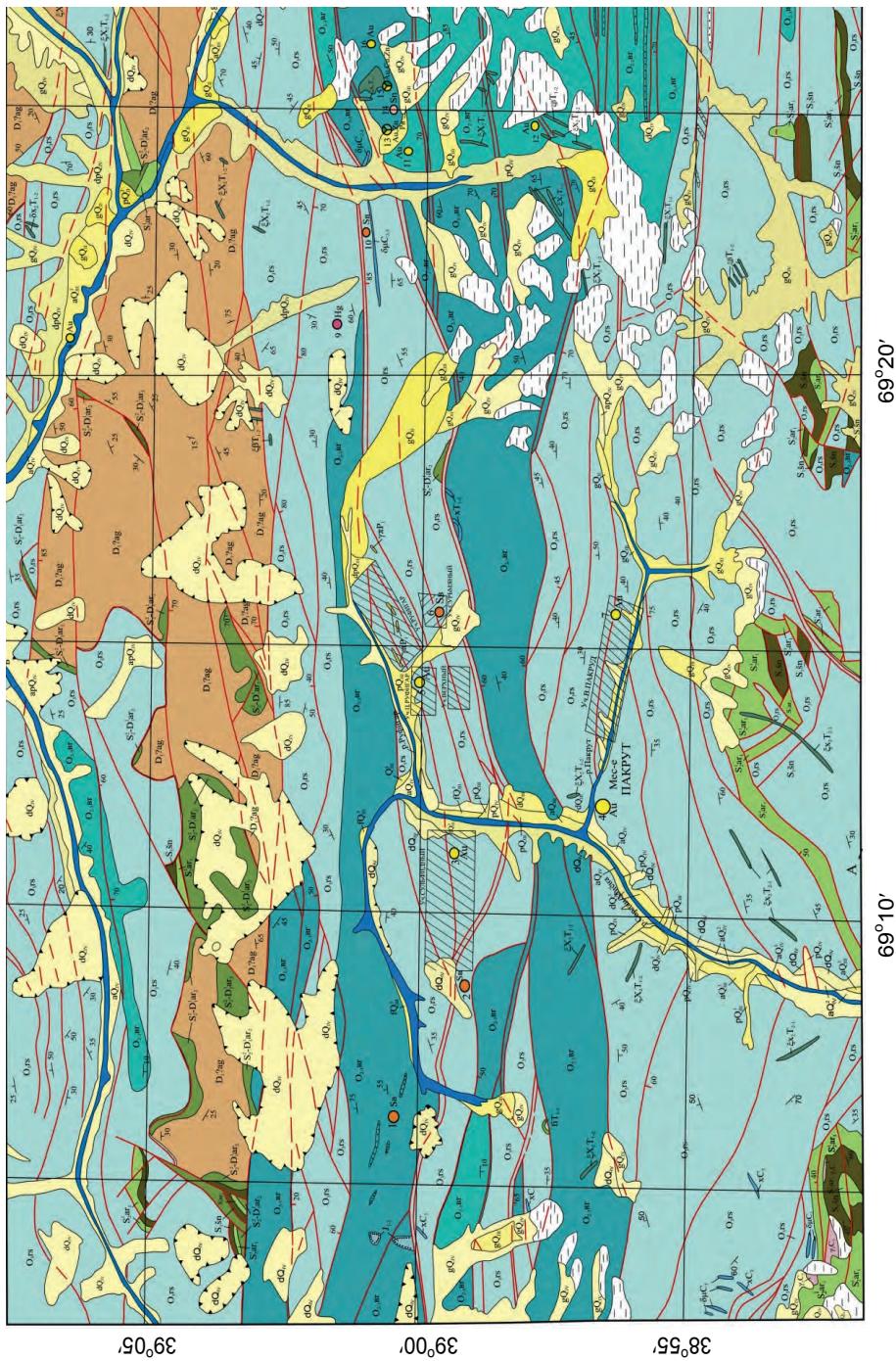
Все рудные тела находятся в зоне Графитового разлома, главным образом в оперирующих нарушениях. Пересечение разрывов различной ориентировки привело к образованию сложной системы сообщающихся каналов. Это обусловило изменчивую форму и сложное внутреннее строение рудных тел. Однако решающую роль в размещении рудных тел играли трещинные структуры, оказавшиеся проницаемыми для рудоносных растворов продуктивных стадий минерализации. Прожилково-вкрапленный тип оруденения и мелкокристаллический характер выделений сульфидов свидетельствуют о том, что формирование рудных тел происходило в стесненных условиях при преобладании сил сжатия.

Самородное золото на Пакрутском месторождении встречается в виде тонкодисперсной пылевидной вкрапленности, комковидных, каплевидных, овальных, пленочных, бесформенных и пластиччатых выделений. В исключительно редких случаях золото встречается в виде кристаллов октаэдрической формы.

Размещается золото в интерстициях кварцевых и карбонатных зерен, на границе выделений этих двух минералов, в межзерновых пространствах сульфидов, микротрециниках как рудных, так и нерудных минералов. В сульфидах обнаружены также эмульсионные включения золота округлой формы. Золото образует сростки с кварцем, карбонатами и другими минералами.

Наиболее золотоносными являются прожилково-вкрапленные руды с пиритом и арсенопиритом, причем золото в них главным образом тонкодисперсное. Возможно, что золото в пирите и арсенопирите находится в качестве изоморфной примеси в связи с близостью ионных радиусов железа и золота. Цвет золота – от соломенно-желтого до золотисто-желтого.

На месторождении установлены 4 стадии минералообразования: I – предрудная кварц-альбит-карбонатная; II – непродуктивная кварц-пирит-арсенопиритовая; III – ранняя продуктивная кварц-золото-карбонатно-сульфидная; IV – поздняя продуктивная кварц-карбонат-барит-блеклорудная с золотом и серебром (рис. 3) [2].



Как видно, золотое оруднение связано с ранней и поздней продуктивными стадиями, причем с заключительными периодами их становления. Об этом, в частности, может свидетельствовать его ксеноморфизм по отношению к рудным минералам. Соответственно выделяются две генерации золота. Первая генерация связана с кварц-карбонат-пирит-арсенопиритовой ассоциацией третьей стадии, причем карбонат представлен здесь железистым доломитом. Встречается золото I в виде частиц с размерами от тонкодисперсных невидимых (менее 0,001 мм) до 0,01 мм, что не противоречит данным Н. П. Петровской [1], согласно которой ранние генерации этого минерала, как правило, представлены очень мелкими частицами. Золото это сравнительно высокопробное (903–961 %).

Вторая генерация самородного золота ассоциируется главным образом с сульфидами – пиритом, халькопиритом, галенитом и сфалеритом поздних генераций. Это золото менее высокопробное (ниже 900 %). Величина золотин II генерации обычно 0,01–0,2 мм, хотя на месторождении обнаружены зерна и более крупные (0,5–1,5 мм). В продуктах заключительной стадии минерализации наряду с золотом имеет место и серебряное оруднение, представленное в виде сульфосоли серебра – фрейзеслебенита (?).

В целом золото месторождения Пакрут отличается химической чистотой (**таблица**). Содержание Ag варьирует от 10,06 до 3,73 %. В единичных образцах определено повышенное количество серебра, связанное, по всей вероятности, с серебросодержащими сульфосолями. Концентрация As в золоте невысокая и колеблется от 0,04 до 0,07 %.

Из элементов-примесей, определенных лазерным спектральным анализом, в золоте установлены Cu (среднее из 8 анализов – 0,018%), Sn (0,001 %), Nb (0,001 %), Mn (0,001 %), Sn (0,001 %) и Ti (0,0001 %).

Следует отметить, что золотоносные минеральные ассоциации в пределах месторождения распределены по вертикали в целом зонально, что обусловлено, по-видимому, изменением состава растворов и физико-химическими условиями образования минералов. В нижней части месторождения преобладает более ранняя высокотемпературная пирит-арсенопиритовая, в средней – полиметаллическая, а верхней – антимонит-сульфосольная минерализация. Последняя является более поздним и менее высокотемпературным образованием.

Генезис золотой минерализации Пакрутского месторождения по характеру связи с ок褶орудным метасоматозом и другими признаками гидротермально-метасоматический с жильно-вкрашенным типом

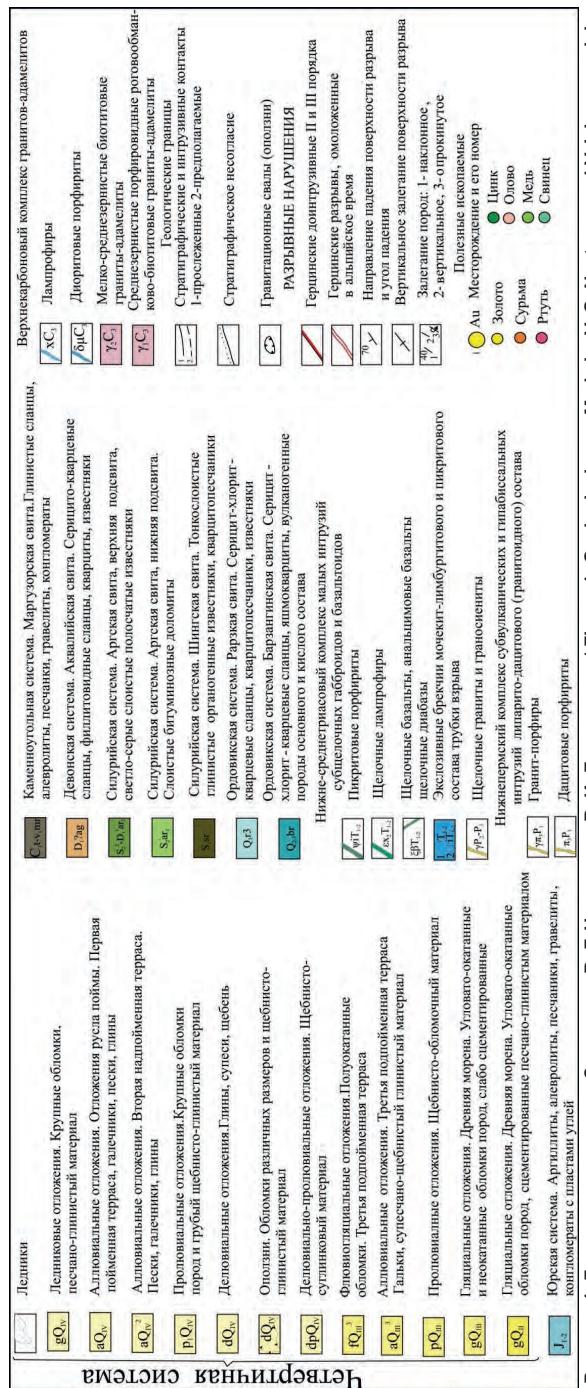


Рисунок 1. Геологическая карта. Составили В. Г. Нестеров и В. И. Лаврушинич / Figure 1. Geological map. Made by V. G. Nesterov and V. I. Lavrushevich.

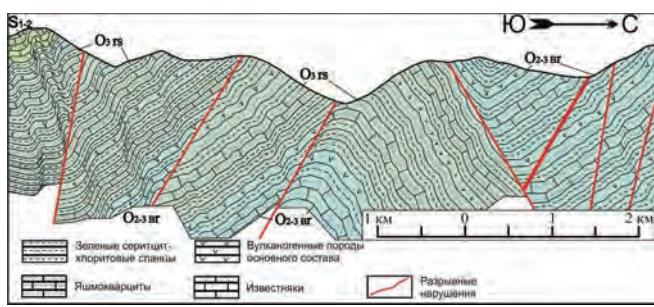


Рисунок 2. Схематический геологический разрез через Пакрутскую антиклиналь / Figure 2. The schematic geological section through Pakrut anticline.

Для золотого оруденения Пакрутского месторождения предполагается связь с подкоровым источником вещества. Об этом свидетельствуют приуроченность месторождения к региональному разлому глубокого заложения, присутствие в зоне Пакрутского разлома углеродсодержащих метасоматитов восстановленного характера и нахождение на площади месторождения пород субщелочных габброидов и базальтоидов.

Для метасоматитов восстановленного характера, которые локализуются в зоне Пакрутского разлома, характерна ассоциация самородных металлов (железа, цинка, алюминия, меди) с углеродом нулевой валентности. Это свидетельствует о том, что привнос осуществлялся, по-видимому, восстановленными существенно углеводородными глубинными флюидами в виде металлоорганических соединений [4, 5]. Возможность наличия углеводородов глубинного происхождения подтверждена многочисленными конкретными примерами [6].

Присутствие на площади объекта даек и трубок взрыва субщелочных габроидов и базальтоидов, которые рассматриваются как индикатор тектонической активизации и начальный период вскрытия глубинных (мантийных) камер с рудоносными флюидами, может свидетельствовать о том, что источниками этих пород и рудообразующих золотоносных флюидов могли быть одни и те же мантийные образования. При этом и дайки камптонитов и мончикитов, и рудообразующие растворы использовали, вероятно, одни и те же проницаемые структу-

Химический состав самородного золота Пакрутского месторождения.

Номер образца	Au	Ag	As	Сумма	Проба
К-64	92,41	7,38	0,05	99,83	937
К-64	91,68	8,09	0,07	99,84	919
К-64	90,41	8,36	0,06	98,83	915
Шт. 2/3	90,73	6,30	0,07	97,10	935
Шт. 1/5	97,40	3,73	0,06	101,19	963
T7/576	90,29	8,26	0,07	98,63	916
T7/576	92,24	7,01	0,06	99,31	929
T7/576	93,48	7,05	0,06	100,59	930
Шт1/1	93,62	6,24	0,06	99,92	938
Шт1/1	95,71	4,71	0,06	100,48	953
T18/155	98,15	4,02	0,05	102,22	961
Шт5	89,60	8,50	H/o	98,10	913
Шт5	91,93	7,68	H/o	99,61	923
Шт5	90,47	9,22	H/o	99,69	908
P33/90	90,24	9,46	0,05	99,75	905
P33/90	91,61	7,96	0,06	99,63	920
Ш1/2	93,51	6,01	H/o	99,53	940
B5	90,47	9,67	H/o	100,14	903
B5	82,37	16,97	H/o	99,37	829
B5	83,93	15,71	H/o	99,63	842
Ш-700a	89,04	9,14	H/o	98,18	906
Ш-700a	89,07	9,23	H/o	98,30	905
Ш-701	87,55	10,66	H/o	98,21	891
Ш-700	89,20	10,06	0,04	99,30	908
Ш-700	89,03	10,16	0,05	99,24	907

Примечание: анализы выполнены в рентгеноспектральной лаборатории ИГЕМ РАН на микрозонде MS-46 фирмы КАМЕКА; н/о – не определено.

Набиев Н. Ф., Файзиев А. Р. Пакрутское золоторудное месторождение (Центральный Таджикистан) и особенности его генезиса // Известия УГГУ. 2016. Вып. 3(43). С. 29–33. DOI 10.21440/2307-2091-2016-3-29-33

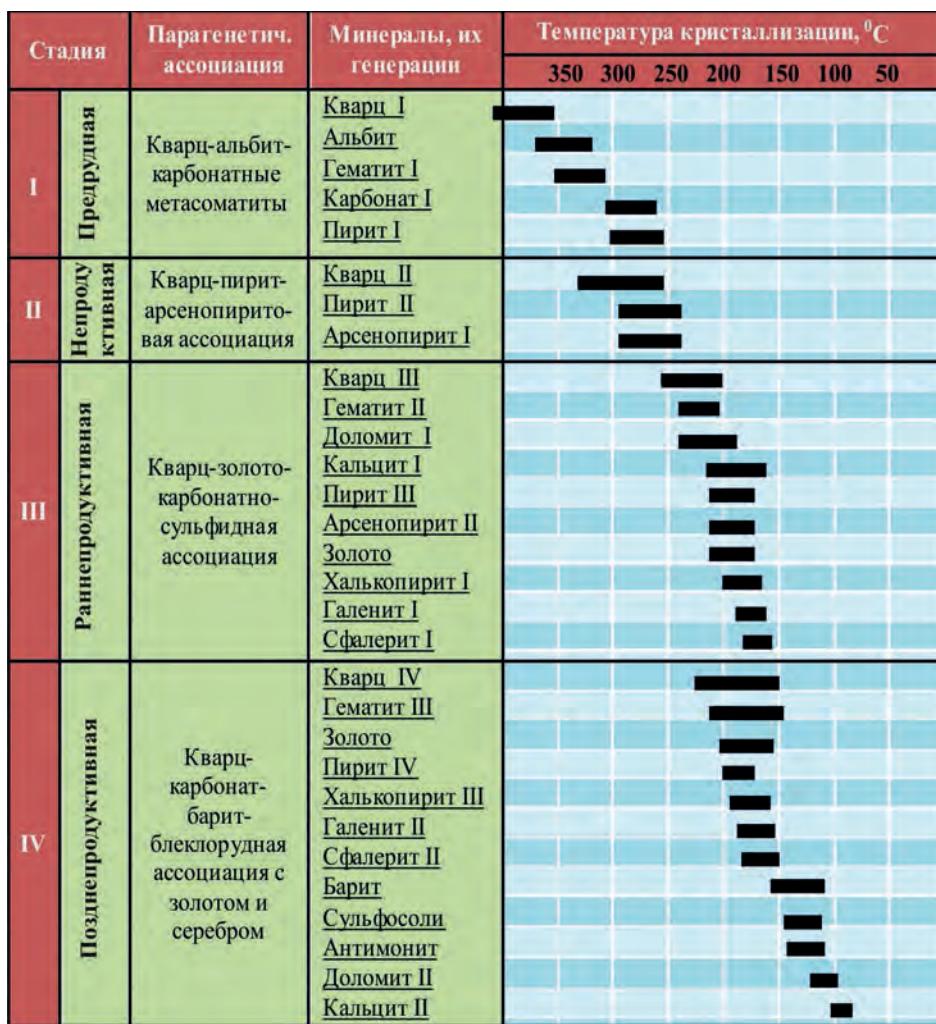


Рисунок 3. Стадии минерализации на Пакрутском месторождении / Mineralization stages at the Pakrut deposit.

ры. Можно предположить и генетическую связь золотого оруденения с отмеченными дайками. В пользу такого предположения может свидетельствовать пространственная и временная сближенность оруденения с дайками камптонитов и мончикитов и повышенное против кларка содержание золота в них. В этих породах содержание золота в отдельных пробах достигает 0,2–1 г/т. По данным С. Д. Шер [7], базальтоидная магма играет ведущую роль в формировании золотого оруденения, являясь главным «поставщиком» этого металла из более глубоких геосфер.

Еще одним из признаков мантийности источника рудоносного флюида может являться наличие в рудах месторождения теллуридов (на месторождении Пакрут встречаются алтант и гессит). Известно, что они свойственны объектам фемического профиля, связанным с развитием базальтоидного магматизма [8, 9]. В. Н. Сазонов с соавторами [10] считают также, что золото на уровень локализации рудных тел поступало с более глубоких горизонтов по зоне разлома, контролирующего месторождение.

В верхних горизонтах Пакрутского месторождения находятся сурьмяная и баритовая минерализации, что указывает на близповерхностный характер оруденения в нем и слабой его эродированности. Этую особенность Н. В. Петровской и др. [11] предлагают использовать для поисков скрытого оруденения. Еще одним показателем слабой эродированности объекта является нахождение в нем теллуридов. По данным Р. И. Конеева с соавторами [12], присутствие в рудах таких минералов считается надежным индикатором скрытого оруденения и слабой эродированности объекта.

Относительно возраста месторождения Пакрут отметим следующее. В районе месторождения наиболее молодыми магматическими образованиями являются субщелочные габброиды и базальтоиды, представленные дайками камптонитов и мончикитов. Продукты рудообразующих процессов, в том числе и золотое оруденение, повсюду накладываются на указанные дайки и поэтому имеют более позднее время формирования. С учетом того, что дайки камптонитов и мончикитов

относятся к комплексу пермь-триасовых (по данным Р. Б. Баратова и др. [13] – триас-юрских) малых интрузий субщелочных габброидов и базальтоидов, возраст золотой минерализации может датироваться как граница триаса и юры [14, 15].

Таким образом, Пакрутское золоторудное месторождение локализовано в серии линейно-вытянутых субпараллельных дизьюнктивных нарушений среди метасоматитов карбонатно-кварц-альбитового состава, имеет жильно-вкрашенный тип оруденения и многостадийный характер минерализации, а самородное золото встречается главным образом в виде тонкодисперсных выделений, характеризуется химической чистотой и среднетемпературным условием кристаллизации. Для золота предполагается связь с мантийным источником вещества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петровская Н. В. Самородное золото. М.: Наука, 1973. 348 с.
2. Файзиев А. Р., Н. Ф. Набиев. Стадийность и особенности минералогии Пакрутского золоторудного месторождения (Центральный Таджикистан) // Проблемы и перспективы современной минералогии (Юшкинские чтения-2014): материалы минералогич. семинара с междунар. участием. Сыктывкар: ГеоПринт, 2014. С. 46–47.
3. Щербина В. В. Значение форм переноса химических элементов в образовании руд // Геология рудных месторождений. 1966. № 5. С. 3–11.
4. Томсон И. Н., Полякова О. П., Половых В. П. и др. Графит-ильменит-сульфидная минерализация в районах Востока СССР // Геология рудных месторождений. 1984. № 6. С. 19–31.
5. Томсон И. Н. Металлогенез рудных районов. М.: Недра, 1988. 215 с.
6. Дегазация Земли и геотектоника. М.: Наука, 1980. 281 с.
7. Шер С. Д. Металлогенез золота (Евразия, Африка, Южная Америка). М.: Недра, 1974. 256 с.
8. Бахтина А. П. Состав и закономерности формирования метасоматитов золотополиметаллического месторождения Урала: автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Свердловск, 1985. 24 с.
9. Сазонов В. Н., Попов Б. А., Григорьев Н. А. и др. Коро-мантийное оруденение на Пакрутском месторождении // Геология и геофизика. 2014. № 1. С. 10–16.
10. Сазонов В. Н., Попов Б. А., Григорьев Н. А. и др. Коро-мантийное оруденение на Пакрутском месторождении // Известия УГГУ. 2016. Вып. 3(43). С. 29–33. DOI 10.21440/2307-2091-2016-3-29-33.

- нение в сиалических блоках эвгеосинклинали. Свердловск: УрО АН СССР, 1989. 113 с.
10. Сазонов В. Н., Огородников В. Н., Коротеев В. А. и др. Месторождения золота Урала. Екатеринбург, 2001. 622 с.
 11. Петровская Н. В., Тимофеевский Д. А., Бородаевский Н. И. Эндогенная зональность золоторудных полей // Зональность гидротермальных рудных месторождений. М.: Наука, 1974. С. 86–122.
 12. Конеев Р. И., Кушмурадов О. К., Турусибеков А. Х., Баранова Т. Н. Распространенность и значение теллуридов и селенидов в рудных месторождениях Кураминской металлогенической зоны (Западный Тянь-Шань) // Магматические, метасоматические формации и связанное с ними оруденение. Ташкент, 2005. С. 159–161.
 13. Баратов Р. Б., Кухтиков М. М., Мушкин И. В. и др. Вулканические трубы взрыва и некоторые особенности глубинного строения Южного Гиссара. Душанбе: Дониш, 1970. 113 с.
 14. Хасанов А. Х., Мамадвафоев М. М., Ефименко и др. Новые данные о геологии и возрасте кварц-золоторудного месторождения Гиссарского хребта // Изв. АН Тадж. ССР. Отд. физ.-мат. хим. и геол. наук. 1978., № 4. С. ...
 15. Мамадвафоев М. М., Ниэзов А. С., Хасанов А. Х. Геолого-geoхимические особенности золоторудного месторождения Пакрут (Восточный Гиссар). Душанбе: Недра, 2008. 104 с.

REFERENCES

1. Petrovskaya N. V. 1973, *Samorodnoe zoloto* [native gold], Moscow, 348 p.
2. Fayziev A. R., Nabiev N. F. 2014, *Stadiynost' i osobennosti mineralogii Pakrutskogo zolotorudnogo mestorozhdeniya (Tsentralkiy Tadzhikistan)* [Stages and features of mineralogy of Pakrut gold deposit (Central Tajikistan)]. *Problemy i perspektivy sovremennoy mineralogii (Yushkinskiye chteniya-2014): materialy mineralogicheskogo seminara s mezhdunarodnym uchastiyem* [Problems and prospects of modern mineralogy (Yushkinskie reading 2014): Proceedings of the Mineralogical seminar with international participation], Syktyvkar, pp. 46–47.
3. Shcherbina V. V. 1966, *Znachenie form perenosa khimicheskikh elementov v obrazovanii rud* [The value of transfer forms of chemical elements in the formation of ore]. *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy* [Geology of Ore Deposits], no. 5, pp. 3–11.
4. Tomson I. N., Polyakova O. P., Polokhov V. P. et al. 1984, *Grafit-il'menit-sulfidnaya mineralizatsiya v rayonakh Vostoka SSSR* [Graphite-ilmenite-sulphide mineralization in the East regions of the USSR]. *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy* [Geology of Ore Deposits], no. 6, pp. 19–31.
5. Tomson I. N. 1988, *Metallogeniya rudnykh rayonov* [Metallogeny of ore regions], Moscow, 215 p.
6. 1980, *Degazatsiya Zemli i geotektonika* [Degassing of the Earth and Geotectonics], Moscow, 281 p.
7. Sher S. D. 1974, *Metallogeniya zolota (Evraziya, Afrika, Yuzhnaya Amerika)* [Metallogeny of gold (Eurasia, Africa, South America)], Moscow, 256 p.
8. Bakhtina A. P. 1985, *Sostav i zakonomernosti formirovaniya metasomatitov zolotopolimetallicheskogo mestorozhdeniya Urala*. Avtoreferat dissertatsii kandidata gorno-mekhanicheskikh nauk [The composition and pattern forming metasomatises of gold-deposit of the Urals. The synopsis of dissertation of candidate of mining and mechanical sciences], Sverdlovsk, 24 p.
9. Sazonov V. N., Popov B. A., Grigor'ev N. A. et al. 1989, *Koro-mantynoe orudenie v sialicheskikh blokakh evgeosinklinali* [Crust-mantle mineralization in sialic blocks of the eugeosyncline], Sverdlovsk, 113 p.
10. Sazonov V. N., Ogorodnikov V. N., Koroteev V. A., Polenov Yu. A. 2001, *Mestorozhdeniya zolota Urala* [Gold deposits of the Urals], Ekaterinburg, 622 p.
11. Petrovskaya N. V., Timoфеевский Д. А., Бородаевский Н. И. 1974, *Endogen-naya zonal'nost' zolotorudnykh poley* [Endogenous zoning of gold fields], Moscow, pp. 86–122.
12. Конеев Р. И., Кушмурадов О. К., Турусибеков А. Х., Баранова Т. Н. 2005, *Magmaticheskie, metasomaticheskie formatsii i svyazannye s nimi orudenie* [Igneous, metasomatic formations and associated mineralization], Tashkent, pp. 159–161.
13. Baratov R. B., Kukhtikov M. M., Mushkin I. V. et al. 1970, *Vulkanicheskie trubki vzryva i nekotorye osobennosti glubinnogo stroeniya Yuzhnogo Gissara* [Volcanic explosion pipes and some features of the deep structure of the South Gissar], Dushanbe, 113 p.
14. Khasanov A. Kh., Mamadvafoev M. M., Efimenko et al. 1978, *Novye dannye o geologii i vozraste kvarts-zolotorudnogo mestorozhdeniya Gissarskogo khrebeta* [New data on the geology and the age of the quartz-gold deposit Hissar Range]. Izv. AN Tadzh. SSR [Proceedings of the Academy of Sciences of Tajikistan SSR], no. 4.
15. Mamadvafoev M. M., Niezov A. S., Khasanov A. Kh. 2008, *Geologo-geoekh-imicheskie osobennosti zolotorudnogo mestorozhdeniya Pakrut (Vostochnyy Gissar)* [Geological and geochemical features of Pakrut gold deposit (Eastern Hissar)], Dushanbe, 104 p.

Нематулла Фатхуллоевич Набиев,
Таджикский национальный университет
Таджикистан, Душанбе, пр-т Рудаки, 17

Абдулхак Раджабович Файзиев,
Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии
АН РТ
Таджикистан, Душанбе, ул. Айни, 267

eralization in the East regions of the USSR]. *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy* [Geology of Ore Deposits], no. 6, pp. 19–31.

5. Tomson I. N. 1988, *Metallogeniya rudnykh rayonov* [Metallogeny of ore regions], Moscow, 215 p.

6. 1980, *Degazatsiya Zemli i geotektonika* [Degassing of the Earth and Geotectonics], Moscow, 281 p.

7. Sher S. D. 1974, *Metallogeniya zolota (Evraziya, Afrika, Yuzhnaya Amerika)* [Metallogeny of gold (Eurasia, Africa, South America)], Moscow, 256 p.

8. Bakhtina A. P. 1985, *Sostav i zakonomernosti formirovaniya metasomatitov zolotopolimetallicheskogo mestorozhdeniya Urala*. Avtoreferat dissertatsii kandidata gorno-mekhanicheskikh nauk [The composition and pattern forming metasomatises of gold-deposit of the Urals. The synopsis of dissertation of candidate of mining and mechanical sciences], Sverdlovsk, 24 p.

9. Sazonov V. N., Popov B. A., Grigor'ev N. A. et al. 1989, *Koro-mantynoe orudenie v sialicheskikh blokakh evgeosinklinali* [Crust-mantle mineralization in sialic blocks of the eugeosyncline], Sverdlovsk, 113 p.

10. Sazonov V. N., Ogorodnikov V. N., Koroteev V. A., Polenov Yu. A. 2001, *Mestorozhdeniya zolota Urala* [Gold deposits of the Urals], Ekaterinburg, 622 p.

11. Petrovskaya N. V., Timoфеевский Д. А., Бородаевский Н. И. 1974, *Endogen-naya zonal'nost' zolotorudnykh poley* [Endogenous zoning of gold fields], Moscow, pp. 86–122.

12. Конеев Р. И., Кушмурадов О. К., Турусибеков А. Х., Баранова Т. Н. 2005, *Magmaticheskie, metasomaticheskie formatsii i svyazannye s nimi orudenie* [Igneous, metasomatic formations and associated mineralization], Tashkent, pp. 159–161.

13. Baratov R. B., Kukhtikov M. M., Mushkin I. V. et al. 1970, *Vulkanicheskie trubki vzryva i nekotorye osobennosti glubinnogo stroeniya Yuzhnogo Gissara* [Volcanic explosion pipes and some features of the deep structure of the South Gissar], Dushanbe, 113 p.

14. Khasanov A. Kh., Mamadvafoev M. M., Efimenko et al. 1978, *Novye dannye o geologii i vozraste kvarts-zolotorudnogo mestorozhdeniya Gissarskogo khrebeta* [New data on the geology and the age of the quartz-gold deposit Hissar Range]. Izv. AN Tadzh. SSR [Proceedings of the Academy of Sciences of Tajikistan SSR], no. 4.

15. Mamadvafoev M. M., Niezov A. S., Khasanov A. Kh. 2008, *Geologo-geoekh-imicheskie osobennosti zolotorudnogo mestorozhdeniya Pakrut (Vostochnyy Gissar)* [Geological and geochemical features of Pakrut gold deposit (Eastern Hissar)], Dushanbe, 104 p.

Nematulla Fatkulloevich Nabiev,
Tajik National University
Dushanbe, Tajikistan

Abdulkhak Radzhabovich Fayziev,
Institute of Geology, Earthquake engineering and Seismology of the
Academy of Sciences
Dushanbe, Tajikistan

ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛОВЫХ МЕТОДОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ НЕФТЯНЫХ ЗАЛЕЖАХ АЗЕРБАЙДЖАНА

Б. А. Багиров, А. М. Гаджиев

Features of heat methods of influence on developed oil deposits of Azerbaijan

B. A. Bagirov, A. M. Gadzhiev

Successful implementation of thermic enhanced oil recovery methods requires systematic monitoring of the processes of development of reserves, which is an urgent task of commercial geology. The technique is based on the proposition that if heat carrier is injected into the formation, it must affect not only the formation temperature increase and thereby decrease of viscosity and density of oil, but also lead to changes in nature of formation water mineralization. One should take into account the fact that the movement speed of water in a porous medium will always outpace the speed of thermal conductivity of rocks and its saturating fluid, which will provide more timely and reliable information on the direction of heat carrier flow. The nature of the variation of ion-salt composition depends on the type of heat influence, if steam embeds the formation the salinity of the formation water reduces, and during fire flooding along with a decrease of viscosity and density of oil increases the temperature of the formation water, which increases its chemical activity. Therefore, water produced with the oil, on the background of various salt composition changes, usually has an increased content of ions Na^+ + K^+ and Cl^- . This study allows to reasonably assuming that the thermal influence on layers, in any of its modifications, regardless of their geological heterogeneity, leads to characteristics change in the chemistry of water, which allows making operational changes in development plans using the heat influence. The revealed effect is an argument for including analysis of the hydro-chemical information in the range of research conducted in the course of the heat influence on layers.

Keywords: oil output; reserves; mineralization; salinity; viscosity; density; temperature; thermal methods; steam influence; fire flooding.

Успешное внедрение термических методов увеличения нефтеотдачи пластов требует систематического контроля за процессами освоения запасов, что является актуальной задачей промысловой геологии. Методика основана на положении о том, что если в пласт вводится теплоноситель, то это не только должно отразиться на повышении пластовой температуры и тем самым на уменьшении вязкости и плотности нефти, но и привести к изменению характера минерализации пластовых вод. Следует принимать во внимание и то, что скорость продвижения воды в пористой среде всегда будет опережать скорость теплопроводности пород и насыщающей его жидкости, что позволяет получать более оперативную и надежную информацию о направлении движения теплоносителя. При этом характер изменчивости ионно-солевого состава зависит от типа тепловоздействия: если в пласт внедряется пар, соленость вод пластов будет уменьшаться, а при горении пласта, наряду с уменьшением вязкости и плотности нефти, увеличивается и температура пластовой воды, что приводит к увеличению ее химической активности. Поэтому в добываемой с нефтью воде на фоне различного изменения солевого состава, как правило, повышается содержание ионов Na^+ + K^+ и Cl^- . Проведенное исследование позволило обоснованно предположить, что при термическом воздействии на пластины любой его модификации независимо от их геологической неоднородности, обнаруживаются характерные особенности изменения химизма вод, что позволяет вносить оперативные изменения в планы разработки с применением тепловоздействия. Выявленный эффект является аргументом для включения анализа гидрохимической информации в комплекс исследований, проводимых в процессе тепловоздействия на пластины.

Ключевые слова: нефтеотдача; запасы; минерализация; соленость; вязкость; плотность; температура; термические методы; паровоздействие; внутрипластовое горение.

С целью более полного извлечения нефти из пластов в мире практикуется применение методов увеличения нефтеотдачи пластов (МУН), позволяющих повысить эффективность разработки нефтяных залежей. Эти методы делятся на физико-химические, термические, микробиологические, ядерные и т. д. [1].

Как показала практика, на первый план по возможностям увеличения нефтеотдачи пластов отчетливо выходят термические методы воздействия на пластины. Это связано с тем, что они применяются в основном в залежах с трудноизвлекаемыми (пассивными) запасами нефти, т. е. когда другими способами достичь коэффициента нефтеотдачи выше 0,20–0,30 не представляется возможным [2].

Тепловые методы основаны на уменьшении вязкости и плотности нефти, что приводит к увеличению ее подвижности в пластовых условиях. Реализация метода осуществляется за счет нагнетания в пласт высокотемпературных рабочих агентов (пар, горячая вода и т. д.), а также за счет процесса горения самой нефти непосредственно в пласте (внутрипластовое горение).

Эффективность внедрения термических методов воздействия во многом зависит от геолого-физических условий нефтяных залежей – глубины залегания, физико-химических свойств нефти, типа коллектора, характера насыщения нефтью, водой и газом и т. д.

Так как объектом термического воздействия является нефть, насыщающая пласт, то при ее нагревании приходится нагревать и остаточную

воду, и собственно породу, поэтому важно детально исследовать объект до начала осуществления термических методов. Особенно тщательное изучение объекта необходимо в условиях сильной геологической неоднородности продуктивных пластов.

В мире термические методы опробованы в пластах, залегающих на различных глубинах, однако с ростом глубины объекта обнаруживается потеря большого количества тепла по стволу скважин. Этим обстоятельством объясняется ограниченное использование тепловых методов на больших глубинах [3, 4].

Очевидно, что успешное внедрение тепловоздействия на пластины требует систематического контроля за применяемыми процессами разработки, позволяющего максимизировать эффект от применения метода за счет его своевременного регулирования. Трудоемкость и затратность получения оперативных данных о физическом состоянии пластина, отставание в обработке полученной информации и т. д. могут отрицательно сказаться на планах достижения проектных коэффициентов нефтеотдачи. На практике для контроля за тепловоздействием рекомендуется построение карт изменения температуры пластина (изотерм), что не всегда своевременно дает информацию о направлении продвижения тепла, вводимого в залежь. Таким образом, обоснование новой, более эффективной методики контроля за процессами термовоздействия является актуальной задачей промысловой геологии.

Методика основана на положениях о том, что если в пласт вводится теплоноситель в виде пара или горячей воды, либо осуществляется горение остаточной нефти, это не только должно отразиться на повышении пластовой температуры и тем самым на уменьшении вязкости и плотности нефти, но и привести к изменению характера ионно-солевого состава вод. При этом следует принимать во внимание то, что скорость продвижения воды в пористой среде всегда будет опережать скорость теплопроводности пород и насыщающей его жидкости. Поэтому изменение химизма воды выступает как информативный показатель, что позволяет выявлять зоны пластина, охваченные тепловоздействием. При этом характер изменчивости ионно-солевого состава зависит от типа тепловоздействия: если в пласт внедряется пар, соленость вод пластов неизбежно будет уменьшаться, так как нагнетаемая вода, по сути, представляет собой дистиллированную воду. А при горении пластина, наряду с уменьшением вязкости и плотности нефти, увеличивается и температура пластовой воды, что ускоряет их совместное продвижение к добывающим скважинам. При этом вымывающая способность разогретой пластовой воды всё более растет, что приводит к естественному увеличению ее химической активности, тем самым в ней лучше растворяются соли пород коллекторов. Поэтому в добываемой с нефтью воде, на фоне различного изменения солевого состава, как правило, повышается содержание ионов Na^+ + K^+ и Cl^- . Что касается контроля за процессом закачки в пласт горячей воды (на месторождениях Азербайджана не применялось) с привлечением гидрохимических данных, есть все основания полагать, что химизм вод в зависимости от ионно-солевого состава воды, используемой в качестве теплоносителя, соответствующим образом изменится.

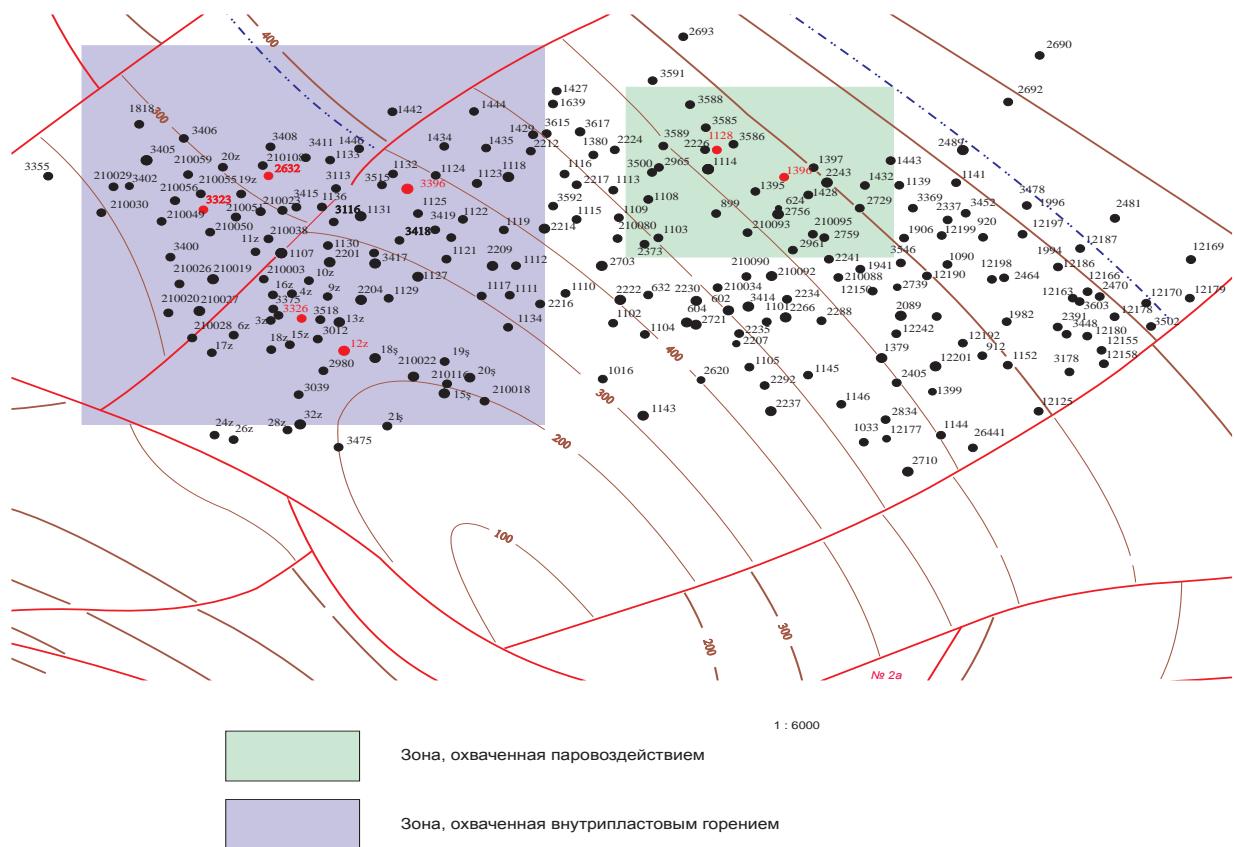


Рисунок 1. Зоны, охваченные тепловоздействием, на месторождении Балаханы-Сабунчи-Раманы / Figure 1. Areas covered by the influence of heat, the field Balakhany-Sabunchi-Ramany.

Далее на конкретных примерах дается реализация предлагаемой методики.

Паровоздействие

Этот метод успешно применялся на залежах горизонта II КС_в месторождения Балаханы-Сабунчи-Раманы (площадь Хорасаны). Объект представлен частым и однообразным чередованием маломощных прослоев глинистых и песчаных пород толщиной 35–45 м. Среднее значение пористости – 25 %, проницаемости – 0,215 мкм². Площадь, охваченная паровоздействием, не осложнена разрывными нарушениями и имеет углы падения 18–25°. Нефть в пластовых условиях имеет плотность 0,920–0,935 г/см³, вязкость 75–110 мПа · с. Хотя объект разрабатывается с 1924 г., на момент начала воздействия текущий коэффициент нефтеотдачи составлял всего 0,19. Среднесуточные дебеты скважин изменились в пределах 0,6–3,2 т (нефть) и 0,1–8,0 м³ (вода). Обводненность продукции составляла 55–65 %, а пластовое давление на участке изменилось от 0,07 до 1,25 МПа. С целью улучшения фильтрационной характеристики неф-

тей в пористой среде с 1969 г. на рассматриваемой площади была начата закачка пара в скважине 1396 и далее в 1970 г. в скважине 1128. Температура рабочего агента (пара) на устье составляла 200–220 °C, давление нагнетания равнялось 3,0 МПа (рис. 1).

Следует отметить, что при нагнетании пара в пласте образуются три характерные фазовые зоны: зона вытеснения паром, зона горячего конденсата и зона, не охваченная воздействием [5]. Каждая из указанных зон испытывает взаимное влияние. Компенсируя друг друга, эти зоны дают представление о характере и направлении движения фронта тепла.

В работе даются результаты исследования влияния температуры на физико-химические свойства нефтей и пластовых вод в реагирующих скважинах (2220, 2281, 2547, 2238, 2227). Выявлено, что с ростом температуры в реагирующих скважинах наблюдалось закономерное уменьшение вязкости и плотности добываемой нефти. При этом в тех скважинах (2236), где изменение пластовой температуры замечено не было, также отмечалось некоторое улучшение подвижности нефти. Это дало возмож-

Таблица 1. Физико-химическая характеристика вод горизонта II КС_в месторождения Балаханы-Сабунчи-Раманы.

Номер скважины	°Be	До начала процесса					После начала процесса					
		Эквивалентные значения, экв					°Be	Эквивалентные значения, экв				
		Cl	HCO ₃	Ca + Mg	Na + K	Σ_{a+k}		Cl	HCO ₃	Ca + Mg	Na + K	Σ_{a+k}
2220	2,9	0,0311	0,0085	0,0014	0,0802	0,1212	0,5	0,0190	0,0021	0,0013	0,0032	0,0261
2281	2,9	0,0324	0,0090	0,0017	0,0838	0,1269	2,8	0,0313	0,0091	0,0020	0,0389	0,0818
1431	3,1	0,0335	0,0090	0,0015	0,0862	0,1302	0,7	0,0210	0,0034	0,0009	0,0057	0,0315
1397	3,0	0,0322	0,0093	0,0016	0,0840	0,1271	2,6	0,0283	0,0091	0,0013	0,0156	0,0758
1432	2,8	0,0250	0,0112	0,0012	0,0733	0,1107	2,7	0,0256	0,0109	0,0014	0,0356	0,0540
2547	2,5	0,0239	0,0081	0,0019	0,065	0,0989	1,7	0,0156	0,0077	0,0011	0,0229	0,0478
2238	2,7	0,0256	0,0104	0,0010	0,07300	0,1100	2,5	0,0244	0,0101	0,0010	0,0339	0,0699
1934	3,1	0,0341	0,0090	0,0015	0,0873	0,1319	2,8	0,0291	0,0098	0,0014	0,0383	0,0791
2729	2,7	0,0246	0,0108	0,0011	0,0718	0,1083	2,7	0,0261	0,0100	0,0014	0,0153	0,0533
2248	2,9	0,0282	0,0100	0,0013	0,0776	0,1171	2,8	0,0277	0,0106	0,0013	0,0175	0,0576
2236	2,5	0,0232	0,0090	0,0015	0,0655	0,0992	1,7	0,0124	0,0069	0,0011	0,0188	0,0397

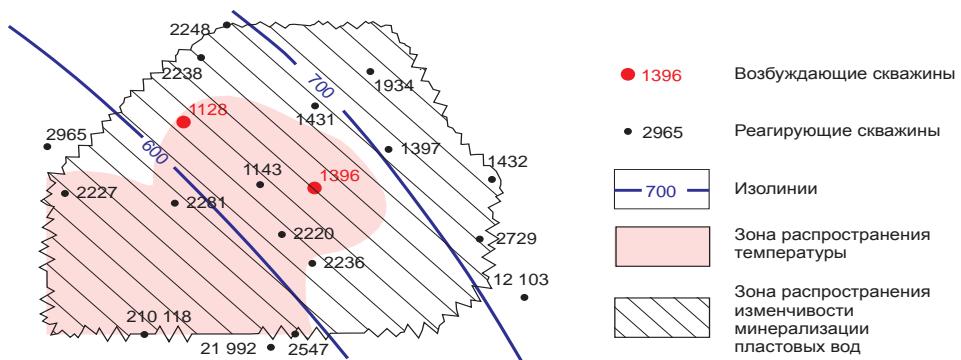


Рисунок 2. Карта распространения тепла в результате паровоздействия на площади Хорасаны месторождения Балаханы-Сабунчи-Раманы / Figure 2. Map of distribution of heat as a result of steam influence on the Khorasany area of Balakhany-Sabunchi-Ramany deposit.

ность предположить, что влияние теплового потока распространяется более широко. Исследования показали, что даже в тех скважинах, где изменения пластовой температуры не наблюдались, тем не менее пластовые воды претерпевали значительные изменения. Соленость этих вод в результате смешивания с паровым конденсатом уменьшалась от 2,5–3,1 до 0,5–2,8 °Be (табл. 1).

Сопоставление физической и химической характеристик пластовой воды показало, что изменение ее свойств происходит вследствие опережающего проникновения парового конденсата по более проницаемым пропласткам. Причем такая картина наблюдалась даже в тех скважинах (1397, 1934), где другие геолого-технологические характеристики остались стабильными (рис. 2).

Исследования контроля за паровоздействием показали, что прослеживание характера распределения гидрохимической обстановки залежей в динамике позволяет выявлять направления теплового потока в залежах, что может использоваться как метод контроля применяемого типа воздействия [6].

Внутрипластовое горение

Метод основан на способности углеводородов выделять большое количество тепла при вступлении с кислородом в окислительные реакции. Генерирование теплоты непосредственно в пласте является основным преимуществом и отличительной особенностью этого метода. Метод внутрипластового горения эффективен в терригенных коллекторах. Недостаток метода заключается в том, что более 25 % нефти в пласте

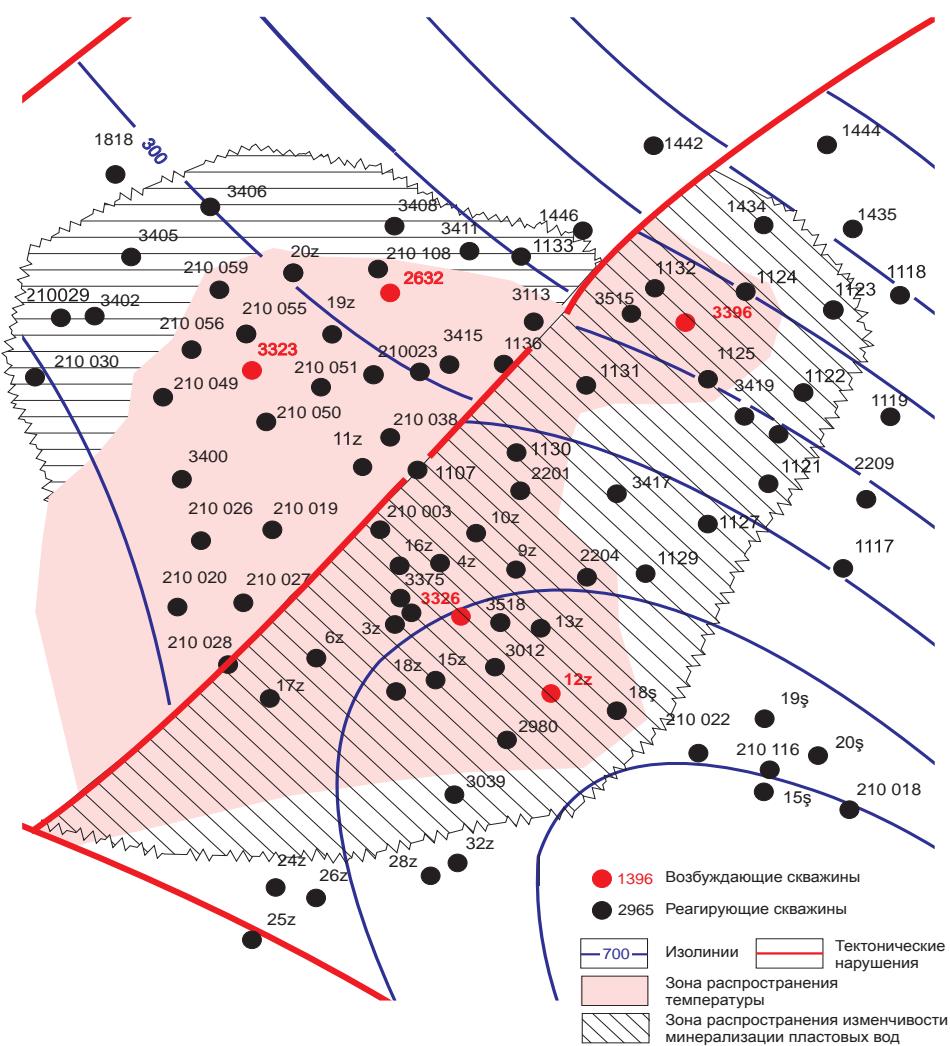


Рисунок 3. Карта распространения тепла в результате применения ВПГ на площади Хорасаны месторождения Балаханы-Сабунчи-Раманы / Figure 3. Map of distribution of heat as a result of combustion within the formation on the Khorasany area of Balakhany-Sabunchi-Ramany deposit.

Таблица 2. Физико-химические характеристики вод горизонта ПК_в месторождения Балаханы-Сабунчи-Раманы.

Скважина 3z		Эквивалентные значения						
Дата замера	До начала процесса	Cl	SO ₄	HCO ₃	Ca	Mg	Na + K	Σ_{a+k}
10.05.1971	До начала процесса	0,0345	0,0004	0,0056	0,0025	0,0009	0,0371	0,081
22.12.1971		0,0350	0,0001	0,0057	0,0007	0,0026	0,0374	0,0815
03.04.1972		0,0380	0,0001	0,0060	0,0004	0,0033	0,0375	0,0853
13.10.1972		0,0315	0,0005	0,0054	0,0010	0,0027	0,0337	0,0748
24.01.1973		0,0315	0,0003	0,0045	0,0012	0,0023	0,0328	0,0726
10.05.1973		0,0440	0,0001	0,0053	0,0014	0,0025	0,0454	0,0987
20.09.1973		0,0425	0,0001	0,0051	0,0012	0,003	0,0434	0,0953
28.11.1973		0,0395	0,0001	0,0099	0,0013	0,0025	0,0456	0,0989
23.03.1974		0,0315	0,0003	0,0045	0,0012	0,0023	0,0328	0,0726
18.05.1974		0,0300	0,0001	0,0046	0,0011	0,0026	0,0309	0,0693
18.07.1974		0,0285	0,0001	0,0048	0,0009	0,0023	0,0302	0,0668
15.11.1974		0,0285	0,0005	0,0040	0,0013	0,0025	0,0292	0,0660
25.12.1974		0,0375	0,0003	0,0052	0,0016	0,0035	0,0379	0,086
18.01.1975		0,0320	0,0004	0,0053	0,0007	0,0034	0,0336	0,0754
11.02.1975		0,0355	0,0002	0,0055	0,0014	0,0026	0,0352	0,0804
12.05.1975		0,0315	0,0005	0,0054	0,0010	0,0027	0,0337	0,0748
20.08.1975		0,0335	0,0003	0,0057	0,0006	0,0024	0,0317	0,0742
03.11.1975		0,0357	0,0002	0,0035	0,0008	0,0021	0,0365	0,0788

сгорает в виде топлива, при этом эффект от метода может увеличить коэффициент нефтеотдачи до 20 % [7, 8].

Отметим, что под влиянием физического изменения теплового режима пласта в процессе горения в анализах вод, отобранных из реагирующих скважин в тот же период, отмечается изменение их ионно-солевого состава. Этот эффект обнаружен авторами на объектах месторождений Балаханы-Сабунчи-Раманы и Пираллахи.

1. Горизонт ПК_в месторождения Балаханы-Сабунчи-Раманы (площадь Хорасаны). Здесь ПК свита, в отличие от других площадей месторождения, характеризуется низкими коэффициентами нефтеотдачи (< 0,30), что связано в основном с высокими значениями вязкости нефти (> 50 мПа · с). В связи с этим в 1973 г. в этой залежи стали применять термические методы в виде ВПГ.

Краткие геолого-технологические характеристики объекта

Горизонт ПК_в вступил в разработку в 1919 г. За весь период разработки площадь была вскрыта многочисленными скважинами, однако из-за низкодебитности большинство из них в кратчайшие сроки былоозвращено на вышележащий горизонт. Процесс горения осуществлялся в скважинах 3326, 3323, 12z, 3396, 2632. Под воздействием оказалось более 40 добывающих скважин (рис. 3).

Воздействие проводилось вплоть до 1995 г., и за весь период было закачано в пласт более 600 тыс. м³ воды и более 200 млн м³ сжатого воздуха. В результате воздействия было получено около 230 тыс. т нефти дополнительно, что связано с увеличением ее подвижности за счет снижения вязкости и плотности. Метод воздействия находился под систематическим наблюдением, в результате чего и осуществлялось его регулирование. Отметим, что на фоне различного изменения тепла в реагирующих скважинах в большинстве из них наблюдалось существенное

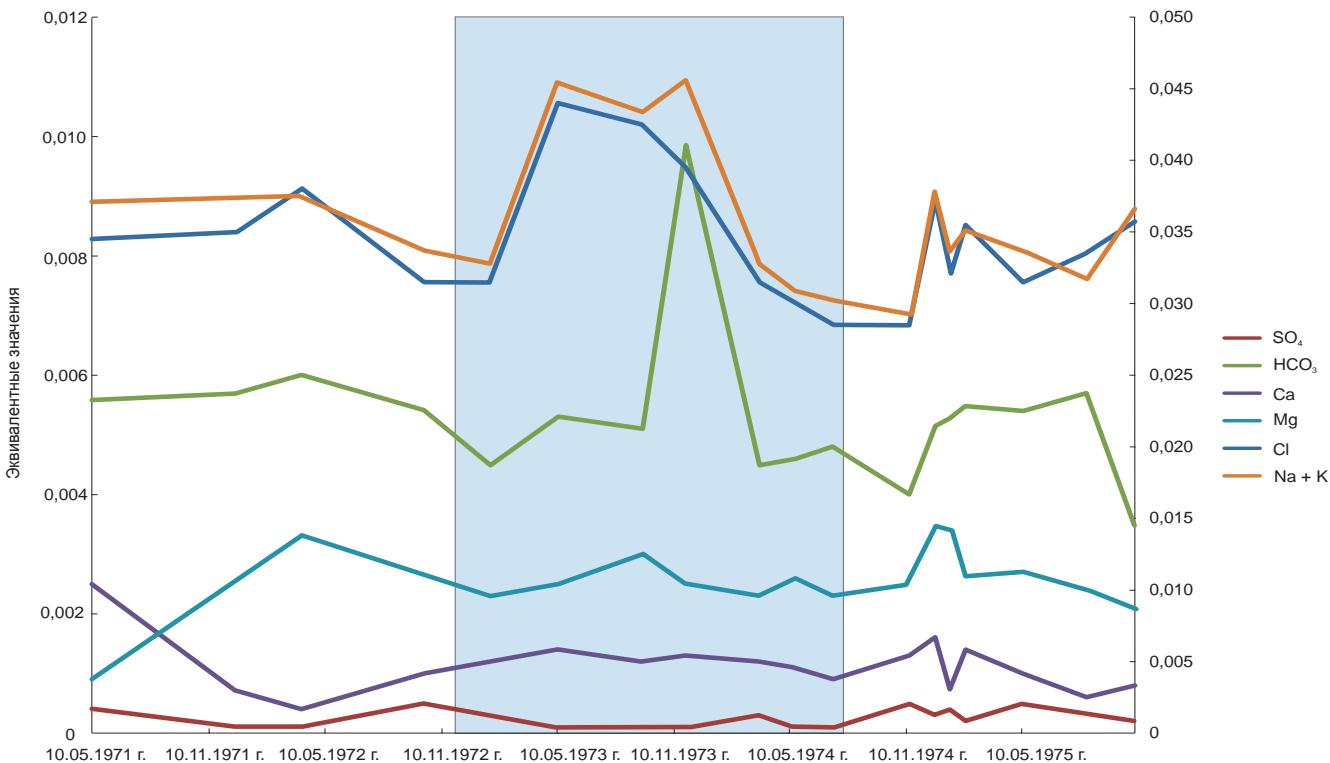


Рисунок 4. Изменение физико-химических показателей вод в динамике (скважина 3z) / Figure 4. Change of physical and chemical parameters of water in dynamics (well number 3z).

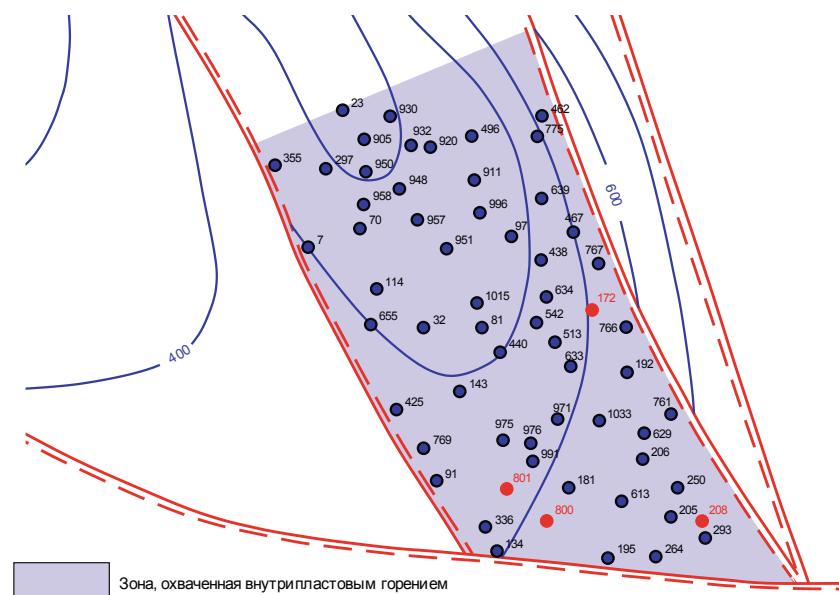


Рисунок 5. Зоны, охваченные тепловоздействием, на месторождении Пираллахи / Areas covered by the influence of heat in the Pirallakhi deposit.

изменение физико-химических характеристик вод скважин 3375, 3z и 3518 (табл. 2, рис. 4).

Как видно из приведенных данных, в процессе проведения ВПГ на горизонте ПК_b площади Хорасаны гидрохимические показатели залежи подвергаются различным изменениям. При этом во всех случаях отчетливо прослеживается повышение значения ионов Na + K и Cl, что дало возможность уточнять зоны влияния теплового потока по площади.

2. Горизонт II КС_b месторождения Пираллахи разрабатывается более 70 лет. Этот объект характеризуется значительной неоднородностью, что явилось причиной разнохарактерности реализации запасов по объекту. Скопление в ряде блоков значительных остаточных запасов высоковязких нефти дало повод для проектирования и применения метода внутрив пластового горения. В различное время воздействие было начато в скважинах 208 – 1974 г., 800 и 801 – 1976 г., 172 – 1981 г., 843 – 1982 г. (рис. 5).

Скважины из-за значительной геологической неоднородности объекта на тепловое воздействие реагировали по-разному, что в итоге привело к скорейшему прекращению воздействия. Вместе с тем результаты исследований изменения компонентного состава минерализации вод реагирующих скважин в динамике практически показали их идентичность в характере изменения значений минерализации вод с водами ПК_b месторождения Балаханы-Сабунчи-Раманы (рис. 6).

В период проведения воздействия в скважинах наряду с другими геолого-технологическими работами были проведены и гидрохимические исследования. Отметим, что по этому объекту накоплен большой объем фактического материала, целенаправленность которого позволила выявить эффект повышения в водах ионов Na⁺ + K⁺ и Cl⁻. Характерные анализы по ряду скважин приведены в табл. 3 и на рис. 7.

Как видно из рис. 2, 3, 6, зоны влияния, установленные только по данным термических исследований, охватывают лишь часть площадей, что связано с естественным физическим стремлением тепла к продвижению в повышенные части структуры. Химико-структурные изменения минерализации вод описывают гораздо большую площадь, что дает лучшее представление о зоне охвата термовоздействием.

На месторождениях Азербайджана тепловое воздействие в виде нагнетания горячей воды не применялось. Тем не менее общность изменчивости минерализации вод при воздействии на пласт паром и при ВПГ и общность физико-химической сути термических процессов дают основание полагать, что при нагнетании горячей воды будет наблюдаться картина сдвигов минерализации пластовых вод в зависимости от ионно-солевого состава рабочего агента.

Исходя из изложенного, можно сделать вывод, что в процессе теплового воздействия в любой его модификации, независимо от геологии-

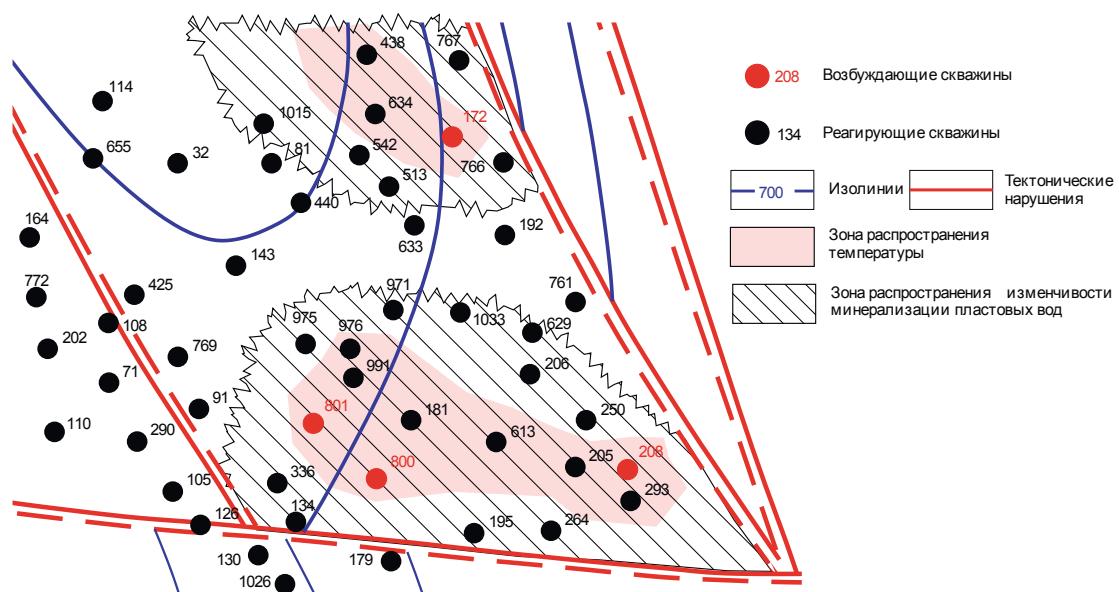
Рисунок 6. Карта распространения тепла в результате применения ВПГ на горизонте КС_b месторождения Пираллахи / Figure 6. Map of distribution of heat as a result of combustion within the formation on the horizon KS_v of Pirallakhi deposit.

Таблица 3. Физико-химические характеристики вод горизонта КС_в месторождения Пираллахи.

Скважина 634		Эквивалентные значения					
Дата замера		Cl	SO ₄	HCO ₃	Ca	Mg	Na + K
22.03.1977	До начала процесса	0,0425	—	0,0103	0,0002	0,0016	0,0510
06.07.1977		0,0290	—	0,0106	0,0004	0,0017	0,0375
16.12.1977		0,0350	—	0,0100	0,0001	0,0020	0,0429
26.07.1978		0,0320	—	0,0097	0,0001	0,0016	0,0408
22.11.1978		0,0305	—	0,0092	0,0007	0,001	0,038
14.05.1979		0,0295	—	0,0099	0,0007	0,0013	0,0374
17.12.1979		0,0350	—	0,0100	0,0004	0,0013	0,0433
19.05.1980		0,0295	—	0,0102	0,0003	0,0016	0,0378
10.11.1980		0,0390	—	0,0090	0,0011	0,0018	0,0452
08.07.1981		0,0360	—	0,0095	0,0003	0,0018	0,0434
13.10.1981	После начала процесса	0,0715	0,001	0,0065	0,0014	0,0037	0,0744
03.11.1981		0,0395	—	0,0106	0,0016	0,0009	0,0479
22.12.1981		0,0285	—	0,0098	0,0010	0,0015	0,0358
18.01.1982		0,0365	—	0,0090	0,0010	0,0015	0,0358
18.01.1982		0,0300	—	0,0104	0,0007	0,0019	0,0378
19.07.1982		0,0605	0,0001	0,0075	0,0007	0,0024	0,0650
01.12.1982		0,0405	—	0,0095	0,0007	0,0030	0,0463
04.01.1983		0,0425	—	0,0094	0,0009	0,0018	0,0492
23.08.1983		0,0565	—	0,0078	0,0008	0,0028	0,0607
22.09.1983		0,0500	0,0001	0,0083	0,0004	0,0025	0,0555
23.12.1983		0,1020	0,0006	0,0064	0,0029	0,0043	0,1018

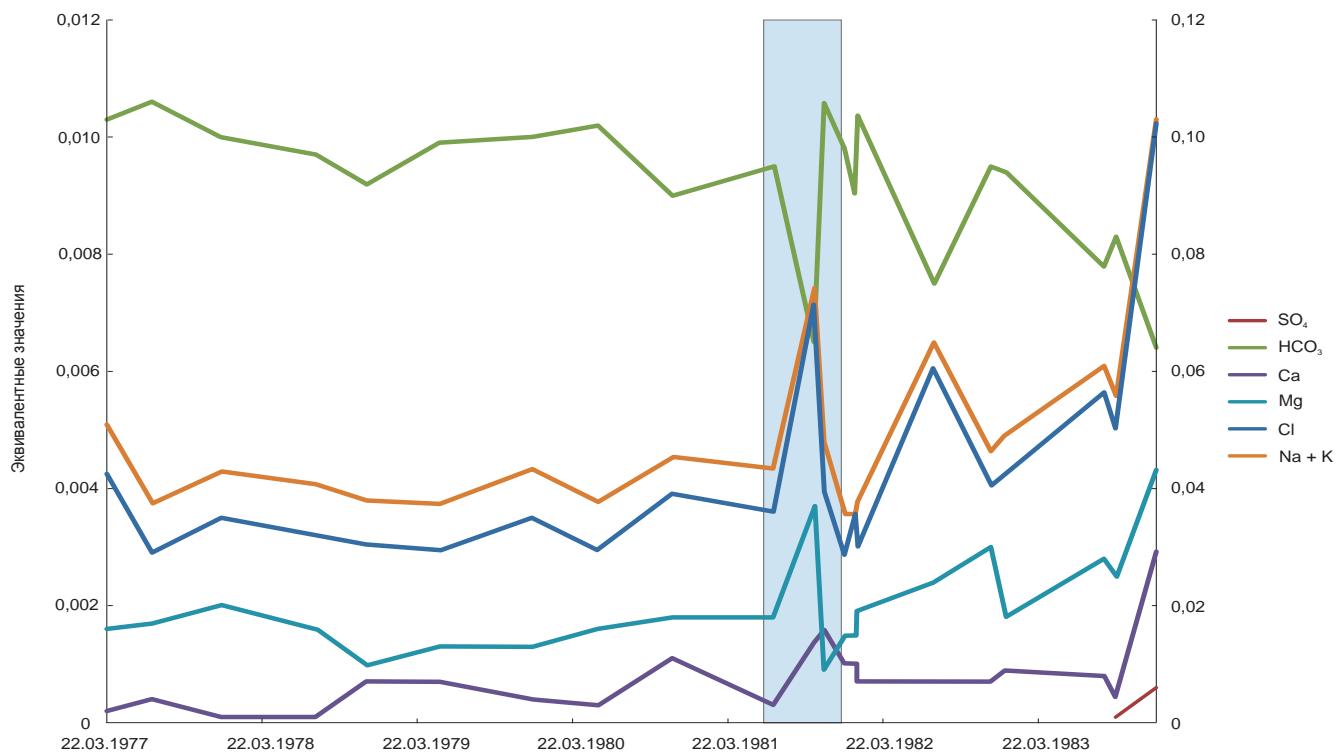


Рисунок 7. Изменение физико-химических показателей вод в динамике (скважина 634) / Figure 7. Change of physical and chemical parameters of water in dynamics (well number 634).

ческой неоднородности пласта, обнаруживаются характерные особенности изменения химизма вод. Выявленный эффект является аргументом для включения анализа гидрохимической информации в комплекс исследований, проводимых в процессе тепловоздействия на пласты.

Работа выполнена при финансовой поддержке Фонда развития науки при Президенте Азербайджанской Республики – грант № EIF/MQM/Universitet-2014-5(20)-11/03/2.

Багиров Б. А., Гаджиев А. М. Особенности тепловых методов воздействия на разрабатываемых нефтяных залежах Азербайджана // Известия УГГУ. 2016. Вып. 3(43). С. 34–40. DOI 10.21440/2307-2091-2016-3-34-40

ЛИТЕРАТУРА

- Исмайлов Ф. С., Мехтиев У. Ш., Гасымлы А. М. Опыт применения тепловых методов воздействия на нефтяных месторождениях Азербайджана. Баку: Марс Принт, 2011. 165 с.
- Багиров Б. А., Салманов А. М., Гасаналиев М. Г. Об определении качества запасов нефти // Геология нефти и газа. 1998. № 6. С. 22–25.
- Roland P. Leauta. Liquid Addition to Steam for Enhancing Recovery (LASER) of Bitumen with CSS // Evolution of Technology from Research Concept to a Field Pilot at Cold Lake: SPE International Thermal Operations and Heavy Oil Symposium.

- sium and International Horizontal Well Technology Conference (4–7 November). Calgary, Alberta, Canada. 2002. 11 p.
4. Dusseault M. B. Comparing Venezuelan and Canadian heavy oil and tar sands // Canadian International Petroleum Conference, Calgary, Alberta, Canada, 2010. pp. 1–20.
 5. Байбаков Н. К., Гарушев А. Р. Тепловые методы разработки нефтяных месторождений. М.: Недра, 1988. 343 с.
 6. О контроле процессов закачки пара в пласты / Б. А. Багиров [и др.] // Азербайджанское нефтяное хозяйство. 1972. № 4. С. 27–30.
 7. Сургучев М. Л. Вторичные и третичные методы увеличения нефтеотдачи пластов. М.: Недра, 1985. 308 с.
 8. Амелин И. Д. Внутрипластовое горение. М.: Недра, 1980. 230 с.

REFERENCES

1. Ismaylov F. S., Mekhtiev U. Sh., Gasymly A. M. 2011, *Opyt primeneniya teplovых metodov vozdeystviya na neftyanykh mestorozhdeniyakh Azerbaydzhana* [Experience of using thermal methods of influence in the oil fields of Azerbaijan], Baku, 165 p.
2. Bagirov B. A., Salmanov A. M., Gasanaliev M. G. 1998, *Ob opredelenii kachestva zapasov nefti* [Determining the quality of oil reserves]. *Geologiya nefti i gaza* [Oil and Gas Geology], no. 6, pp. 22–25.
3. Roland P. Leaute. 2002, Liquid Addition to Steam for Enhancing Recovery (LASER) of Bitumen with CSS: Evolution of Technology from Research Concept to a Field Pilot at Cold Lake. SPE International Thermal Operations and Heavy Oil Symposium and International Horizontal Well Technology Conference, Calgary, Alberta, Canada, p. 11.
4. Dusseault M. B. 2010, Comparing Venezuelan and Canadian heavy oil and tar sands. Canadian International Petroleum Conference, Calgary, Alberta, Canada, pp. 1–20.
5. Bagirov B. A. et al. 1972, *O kontrole protsessov zakachki para v plasty* [On Control of steam injection processes in reservoirs]. *Azerbaydzhanskoе neftyanoе khozyaystvo* [Azerbaijani oil industry], no. 4, pp. 27–30.
6. Baybakov N. K., Garushev A. R. 1988, *Teplovye metody razrabotki neftyanykh mestorozhdeniy* [Thermal methods of oil field development], Moscow, 343 p.
7. Surguchev M. L. 1985, *Vtorichnye i tretichnye metody uvelicheniya nefteotdachi plastov* [Secondary and tertiary methods of enhanced oil recovery], Moscow, 308 p.
8. Amelin I. D. 1980, *Vnutriplastovoe gorenie* [Fire flooding], Moscow, 230 p.

Багир Али оглы Багиров,
b.bagirov.36@mail.ru
Азербайджанский государственный университет
нефти и промышленности
Азербайджан, Баку, пр-т Азадлыг, 20

Агарза Месуд оглы Гаджиев,
НИГИ «Нефтегаз», SOCAR
Азербайджан, Баку, пр-т Зардаби, 88

Bagir Ali oglu Bagirov,
b.bagirov.36@mail.ru
Azerbaijan State University of Oil and Industry
Baku, Azerbaijan

Agarza Mesud oglu Gadzhiev,
Oil Gas Scientific Research Project Institute, SOCAR
Baku, Azerbaijan

О ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ НЕАНТИКЛИНАЛЬНЫХ ЛОВУШЕК АЗЕРБАЙДЖАНА РАЗНОГО ТИПА

Т. Р. Ахмедов

On the geologic efficiency of seismic prospecting in studying different types of non-anticlinal traps of Azerbaijan

T. R. Akhmedov

This article focuses on the application of seismic methods, the study of their capabilities in prospecting and exploration of non-anticlinal traps, which are widespread in Azerbaijan. This article describes the materials of 3D seismic exploration conducted on one of the areas of Apsheron peninsula in 2012. In the study area, the author received a temporary cube in the range of 0–6 seconds. Seismic data on the entire section covering the neogene sediments has a good quality, which makes it possible to carry out an unequivocal interpretation. Geological information and analysis of the wave pattern allowed conducting a seismostratigraphic subdivision of section of studied area. The nature of the wave field divides the entire range into two seismostratigraphic megacomplexes: miocene and pliocene. We studied mainly three types of non-anticlinal traps, which are, in our view, widespread within Azerbaijan: traps controlled by low-amplitude disturbances; zones of pinchout of individual packages of sediments; and other types of traps, such as paleorivers beds. The application of different procedures for processing 2D and 3D seismic data gives very different results in studying of different types of anticlinal traps. For example, coherence cube of 3D data does not allow identifying disjunctive dislocations, and the author had to resort to using the traditional methods of allocation and tracking of disturbances on the wave field. The study shows that in miocene and lower pliocenelow amplitude disturbances play a major role in the formation of non-anticlinal traps of small size. The article specifically describes the anticipated non-anticlinal traps in the sediments of the lower pliocene–miocene of different areas of West Apsheron. The 2D seismic survey revealed pinchout areas, most shallow of which relate to the seismic horizon SH-IV, dated to the underlying productive strata deposits, which is adjacent to the horizon SH-V, related to the upper strata of diatom. At depths of about 2800–3800 m in the underlying with diatoms sediments there are several pinchout areas. These pinching deposits expectedly belong to the oligocene sediments. The study of pinchout zones by the method of instantaneous dynamic characteristics did not give the desired results, although their data allowed to verify the existence of zones of pinchout, but was too imprecise to clarify the position of the pinchout point. Application of Q-filtering was a success: at such a great depths pinchout point position was set accurately. Dynamic 3D seismic data analysis allowed isolating and tracing of the paleo channel of the ancient Volga at the Apsheron Peninsula, which many researchers spoke about.

Keywords: non-structural traps; low-amplitude disturbances; pinchout zone; paleorivers riverbeds; disjunctive dislocation; 3D seismic exploration; pliocene; miocene, coherency cube; kinematic and dynamic signs of irregularities.

Настоящая статья посвящена применению сейсмических методов, изучению их возможностей при поисках и разведке неантиклинальных ловушек, которые имеют широкое распространение в Азербайджане. В ней рассмотрены материалы 3D-сейсморазведки, которая проведена на одной из площадей Апшеронского полуострова в 2012 г. На изучаемой территории получен временной куб в интервале 0–6 с. Сейсмический материал по всему разрезу, охватывающему отложения неогена, характеризуется хорошим качеством, что дает возможность провести однозначную интерпретацию. Геологическая информация и анализ волновой картины позволили провести сейсмостратиграфическое расчленение разреза площади исследования. По характеру волнового поля весь интервал условно разделен на два сейсмостратиграфических мегакомплекса: миоценовый и плиоценовый. Исследованы в основном три типа неантиклинальных ловушек, которые имеют, на наш взгляд, широкое распространение в пределах Азербайджана: 1 – ловушки, контролируемые малоамплитудными нарушениями; 2 – зоны выклинивания отдельных пачек отложений; 3 – другие типы ловушек, например русла палеорек. Отмечается, что применение разных процедур обработки сейсмических данных 2D и 3D дают совершенно разные результаты при изучении разных типов антиклинальных ловушек. Так, например, куб когерентности данных 3D не позволил выделить разрывные нарушения, и пришлось прибегнуть к помощи традиционных способов выделения и прослеживания нарушений на волновом поле. Установлено, что в низах плиоценена и в миоцене малоамплитудные нарушения играют большую роль в формировании неантиклинальных ловушек небольшого размера. В статье особое место отводится предполагаемым неантиклинальным ловушкам в отложениях нижнего плиоцена–миоцена разных площадей Западного Апшерона. По данным 2D-сейсморазведки, здесь выявлены зоны выклинивания, самая неглубокая из которых относится к сейсмическому горизонту SH-IV, приуроченному к подстилающим продуктивную толще отложениям, который примыкает к горизонту SH-V, относящемуся к верхам диатома. На глубинах примерно 2800–3800 м, в подстилающих диатом отложениях выделяются несколько зон выклинивания. Предполагается, что эти выклинивающиеся отложения относятся к олигоценовым осадкам. Изучение зон выклинивания методом мгновенных динамических характеристик не дали желаемых результатов, хотя по их данным еще раз удалось убедиться в существовании зон выклинивания, но не предствлялось возможным уточнение положения точки выклинивания. Применение Q-фильтрации увенчалось успехом: на таких больших глубинах положение точки выклинивания установлено точно. Динамический анализ данных 3D-сейсморазведки позволил выделить и проследить палеорусло древней Волги на уровне Апшеронского полуострова, о котором высказывались многие исследователи. Таким образом, по каждому типу ловушек приводятся примеры, показывающие эффективность сейсморазведки при их изучении.

Ключевые слова: неструктурные ловушки; малоамплитудные нарушения; зоны выклинивания; русла палеорек; дислокация; 3D-сейсморазведка; плиоцен; миоцен; куб когерентности; кинематические и динамические признаки нарушений.

B ведение

Антиклинальные ловушки углеводородов, являющиеся до сих пор основными типами ловушек во многих месторождениях мира, уже исчерпывают свои ресурсы. Несмотря на то, что не все антиклинальные ловушки разведаны на достаточном уровне, разведка неантиклинальных ловушек для Азербайджана тоже остается актуальной задачей. Известно, что в Азербайджане долгое время не проводились специальные исследования неантиклинальных ловушек [1].

Настоящая статья посвящена применению сейсмических методов, изучению их возможностей при поисках и разведке неантиклинальных ловушек. Будут рассмотрены в основном три типа неантиклинальных ловушек, которые имеют, на наш взгляд, широкое распространение в пределах Азербайджана: 1 – ловушки, контролируемые малоамплитудными нарушениями; 2 – зоны выклинивания отдельных пачек отложений; 3 – другие типы ловушек.

1. Неантиклинальные ловушки, контролируемые малоамплитудными нарушениями

Известно, что дислокация играет большую роль в формировании и разрушении ловушек углеводородов, и их изучение представляет практический интерес. Рассмотрим здесь материалы сейсморазведки 3D, которая проведена на одной из площадей Апшеронского полуострова в 2012 г. На изучаемой территории получен временной куб в интервале 0–6 с. Сейсмический материал по всему разрезу, охватывающему отложения неогена, характеризуется хорошим качеством, что дает возможность провести однозначную интерпретацию. Геологическая информация и анализ волновой картины позволили провести сейсмостратиграфическое расчленение разреза площади исследования. По характеру волнового поля весь интервал условно разделен на два сейсмостратиграфических мегакомплекса (ССМК): миоценовый и плиоценовый. Продуктивная толща (ПТ) (рис. 1), сводовые, а также крыльевые части антиклиналей осложнены нарушениями двух рангов: частичными и внеранговыми. Для выделения и трассирования нарушений применялись разные способы.

В пакете OpenDTect сейсмический куб, полученный по данным сейсморазведки 3D 2012 г., был трансформирован в куб когерентности. Полученные горизонтальные срезы по этому кубу не позволили однозначно трассировать разрывные нарушения (рис. 2). Это связано с тем, что структурные планы по всем сейсмическим горизонтам представляют моноклинали с большими углами наклона, что вносит большой процент неопределенности при выделении разрывных нарушений. В связи с этим местоположение тектонических нарушений определялось визуально, по

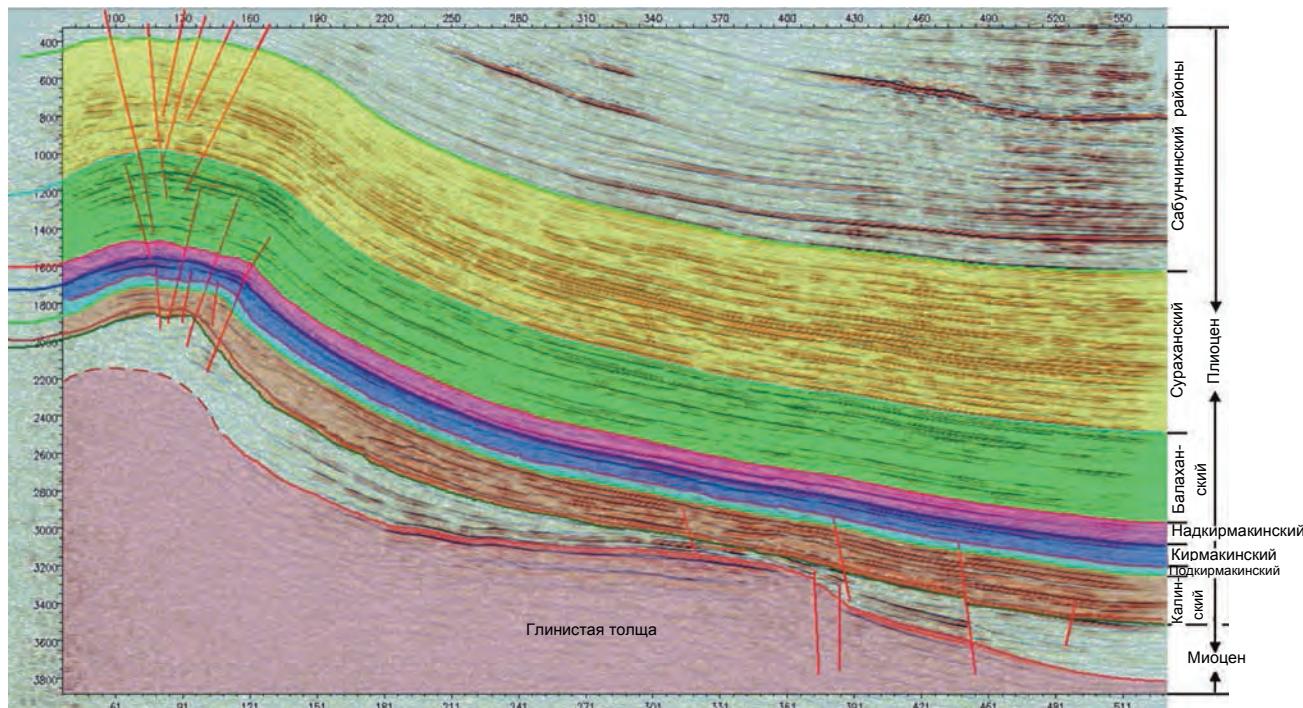


Рисунок 1. Сейсмостратиграфическое расчленение разреза площади исследования / Figure 1. Seismic stratigraphical division of the cut of research area.

разрывам корреляции и фазовым сдвигам осей синфазности отраженных волн на временных разрезах и по картам угловых несогласий (dip) соответствующих горизонтов (рис. 3). Для их трассирования были привлечены амплитудные характеристики соответствующих отражений, по снижению которых и были выявлены зоны разуплотнения (рис. 4). Субширотный разлом в куполе палеоподнятия в центре отмечается разрывом осей синфазности и представляет, несомненно, наибольший интерес для определения путей миграции углеводородов (УВ). Анализ волновых картин показывает, что на своде палеоподнятия, а также на его присводовых и крыльевых участках между малоамплитудными нарушениями можно наблюдать локальные «просадки» во временной области, увеличение временных толщин с вышележащими отражениями (рис. 5). Такое увеличение временных толщин наблюдается вдоль разных линий куба 3D на разных участках изучаемой территории, и их можно связать со скоплениями УВ. Выделенные локальные «просадки» имеют небольшие размеры как по латерали, так и по вертикали.

2. Неантклинальные ловушки, связанные с зонами выклинивания отложений

Другим самым распространенным типом неструктурных ловушек (в том числе и в Азербайджане) являются зоны выклинивания отдельных комплексов отложений. Они встречаются во многих нефтегазоносных регионах Азербайджана: рассмотрим предполагаемые неанткли-

нальные ловушки в отложениях нижнего плиоцена–миоцена разных площадей Западного Апшерона.

На следующем сейсмическом профиле (рис. 6) выявлены зоны выклинивания, самая неглубокая из которых относится к сейсмическому горизонту SH-IV, приуроченному к подстилающим продуктивную толщу (ПТ) отложениям, которые примыкают к горизонту SH-V, относящемуся к верхам диатома. На глубинах примерно 2800–3800 м, в подстилающих диатом отложениях выделяются несколько зон выклинивания. Предполагается, что эти выклинивающиеся отложения относятся к олигоценовым осадкам [2]. Зоны выклинивания изучались мгновенными динамическими характеристиками сейсмических волн. Разрезы мгновенных динамических характеристик (МДХ) достаточно информативны. Например, на разрезе мгновенных амплитуд волн, зарегистрированные в пределах 1,2–2,2 с, характеризуются относительно высокой интенсивностью (рис. 7), и самые высокие амплитуды наблюдаются в зонах выклинивания. В разрезе мгновенных фаз и мгновенных частот выклинивающиеся сейсмические горизонты прослеживаются нечетко. Таким образом, удалось уточнить, что различные мгновенные характеристики информативны по-разному.

В целом после применения в практике сейморазведки метода общей глубинной точки МОГТ (МОСТ) проблем с выделением зон выклинивания, можно сказать, не осталось. Единственной нерешенной задачей осталось уточнение положения точки выклинивания. Учет неупругого поглощения позволяет уточнить положение точки выклинивания, и неупругое поглощение учитывалось по данным вертикального сейсмиче-

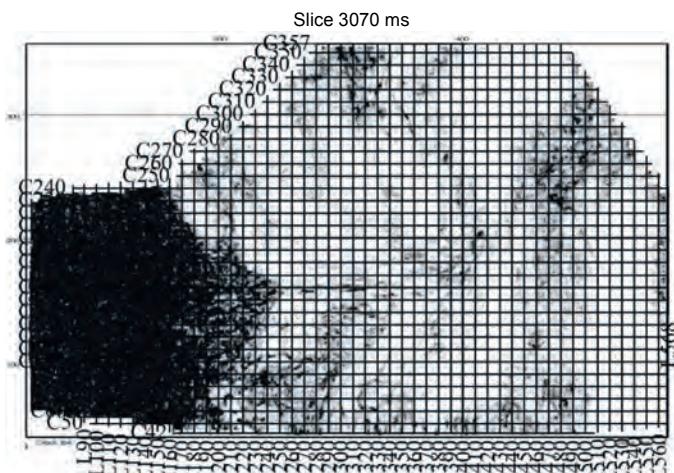


Рисунок 2. Горизонтальный срез куба когерентности / Figure 2. The horizontal section of the coherence cube.

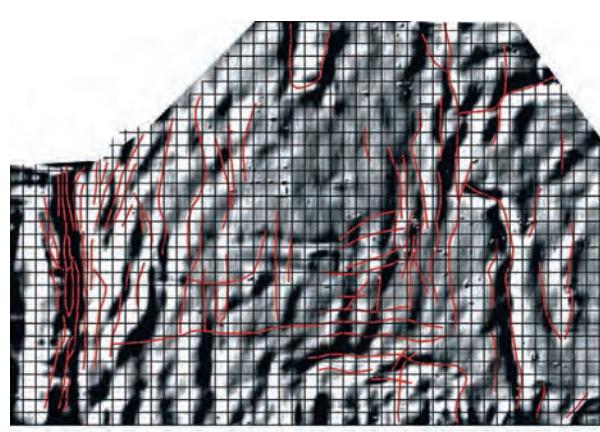


Рисунок 3. Карта углов наклона / Figure 3. Map of the slope angles.

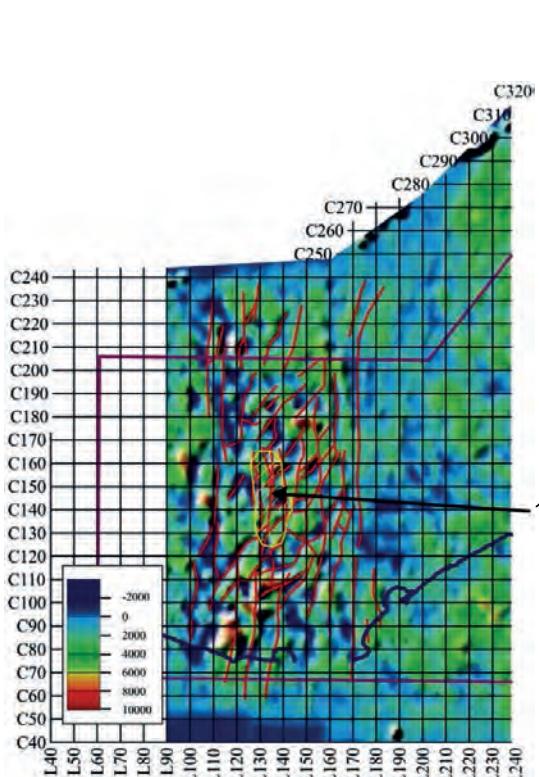


Рисунок 4. Выделение тектонических нарушений с помощью карт амплитуд. 1 – аномальная зона сейсмической записи, связанная с ловушкой неантклинального типа / Figure 4. Isolation of tectonic disturbances using amplitude maps. 1 – anomalous zone of seismic record, associated with a nonanticlinal trap.

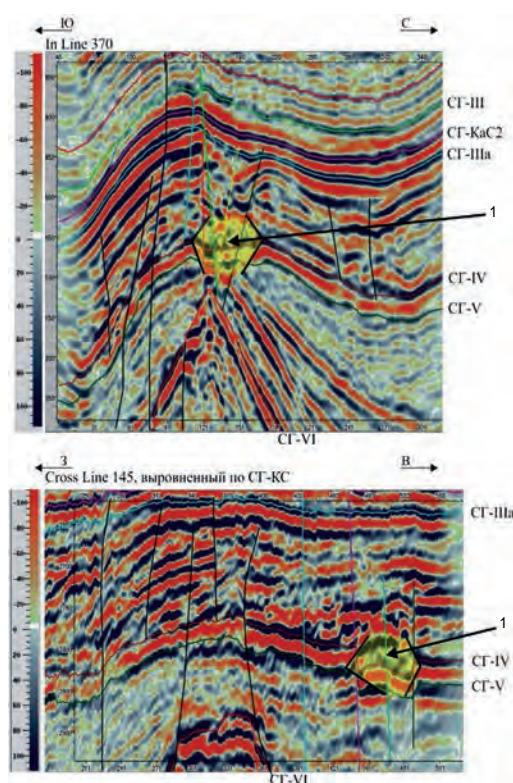


Рисунок 5. Волновая картина в Калинском интервале разреза с аномалией – 1 сейсмической записи / Figure 5. Wave pattern in the range of Kalinskiy cut with the anomaly – 1 of the seismic record.

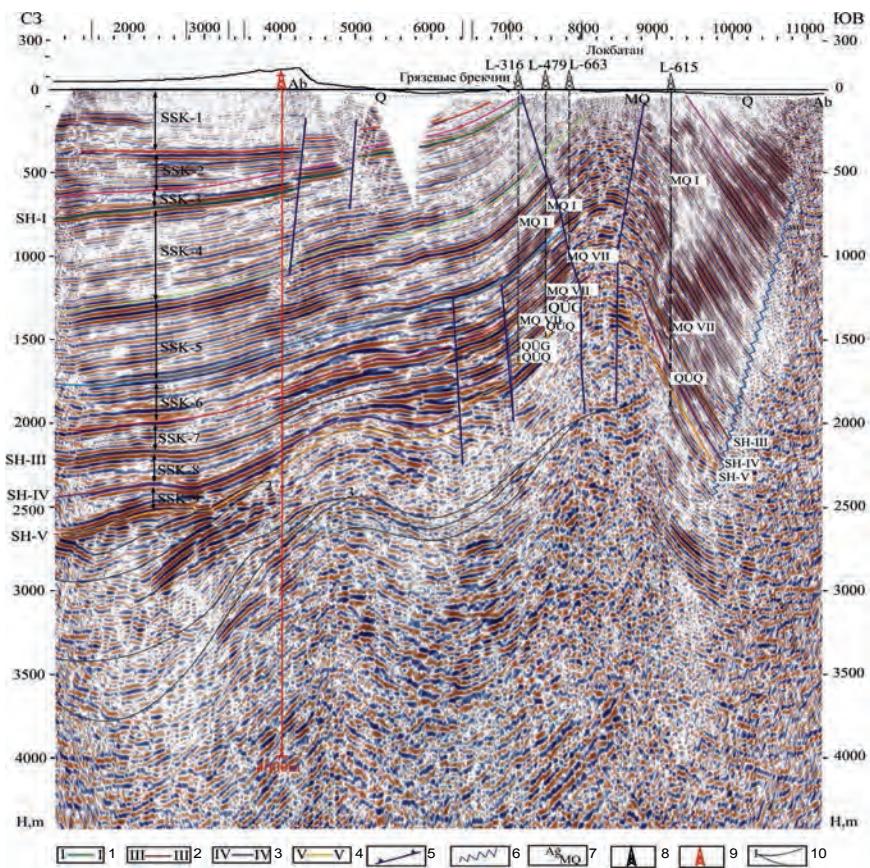


Рисунок 6. Зоны выклинивания на разрезе Западного Апшерона. 1 – сейсмический горизонт, приуроченный к верхам ПТ; 2 – сейсмический горизонт, приуроченный к VII горизонту ПТ; 3 – сейсмический горизонт, приуроченный к верхам подстилающих ПТ (понт) отложениям; 4 – сейсмический горизонт, приуроченный к верхам диатом; 5 – разрывные нарушения по сейсмическим данным; 6 – зона сложной сейсмической записи; 7 – выходы на дневную поверхность стратиграфических границ; 8 – скважины глубокого бурения; 9 – параметрические скважины; 10 – линия выклинивания / Figure 6. Thinning areas on the cut of the West Apsheron. 1 – seismic horizon, assigned to the top of PT; 2 – seismic horizon, assigned to the VII PT horizon; 3 – seismic horizon, assigned to the top of the underlying PT (pont) deposits; 4 – seismic horizon, assigned to the top of diatomites; 5 – fractures by seismic data; 6 – complex seismic recording zone; 7 – exits of stratigraphic boundaries to the surface; 8 – deep drilling wells; 9 – parametric wells; 10 – thinning line.

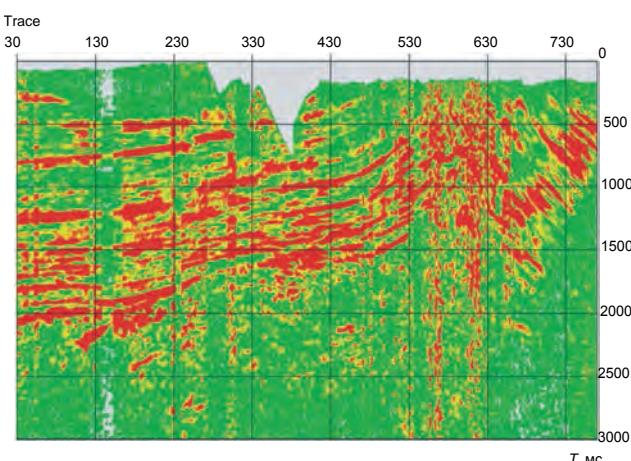


Рисунок 7. Разрез мгновенных амплитуд: по оси абсцисс номера сейсмических трасс вдоль профиля наблюдения; по оси ординат – время прихода волн в пункты наблюдения, мс / **Figure 7. Instantaneous amplitudes section.**

ского профилирования (ВСП). В основе определения доброкачественности лежит анализ измеренных амплитуд падающей продольной волны на разных уровнях, между которыми и определяется параметр доброкачественности. Для балансировки амплитудно-частотного спектра, а также учета поглощения среды по суммарному кубу была выполнена процедура обратной Q-фильтрации или деабсорбции (рис. 8). Средняя величина эффективной доброкачественности $Q = 145$ была использована для восстановления ослабленных частот на временных разрезах сейсморазведки 3D. Результаты фильтрации показывают существенное увеличение разрешающей способности, что наглядно демонстрирует эффективные возможности ис-

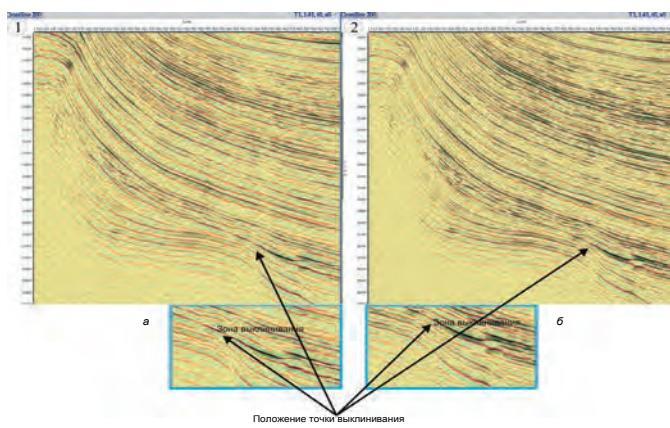


Рисунок 8. Сравнение результата процедуры обратной Q-фильтрации по вертикальным срезам куба 3D Cross Line 200. 1 – срез до применения Q-фильтрации (а – в увеличенном масштабе); 2 – после применения Q-фильтрации (б – в увеличенном масштабе). Заметно улучшение разрешенности сейсмической записи после применения Q-фильтрации / **Figure 8. Comparison of results of the inverse Q-filtering procedure by vertical cuts of cube 3D Cross Line 200.**

пользования некоторых параметров ВСП в обработке наземной сейсморазведки. В данном случае за счет улучшения разрешающей способности губинного динамического разреза удалось уточнить положение точки выклинивания (рис. 8, б).

Один из способов определения положения точки выклинивания в разрезе описан в данной статье, а другой изложен в работе [3].

3. Другие типы неантеклинальных ловушек

В Азербайджане широкое развитие получили и другие типы неантеклинальных ловушек, среди которых особо выделяются ловушки, связанные с палеоруслами древних рек. В приведенном на рис. 9 разрезе

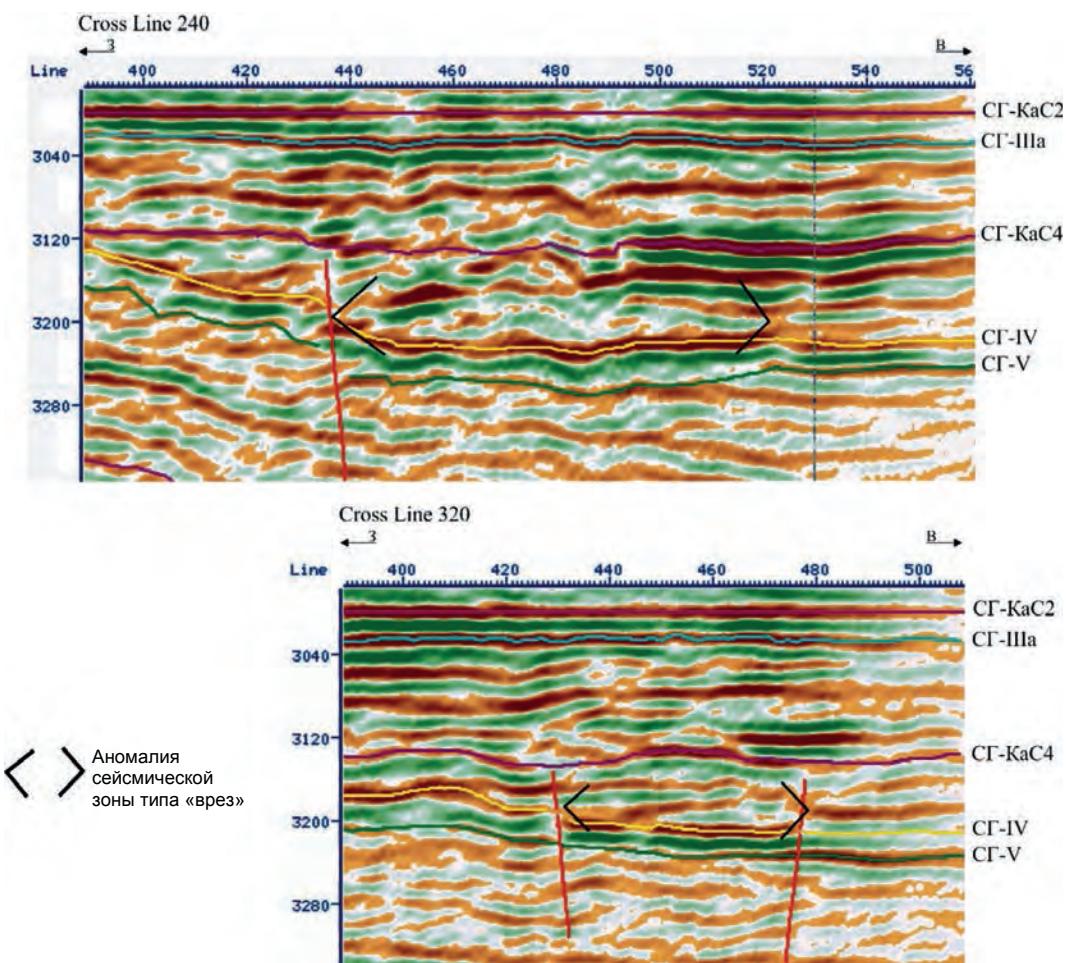


Рисунок 9. Фрагменты выровненных по СГ-Ка2 временных разрезов: выделение палеоречной системы по рисунку сейсмической записи / **Figure 9. Fragments of aligned by SG-Ka2 time sections: selection of the paleo-river system by the picture of seismic record.**

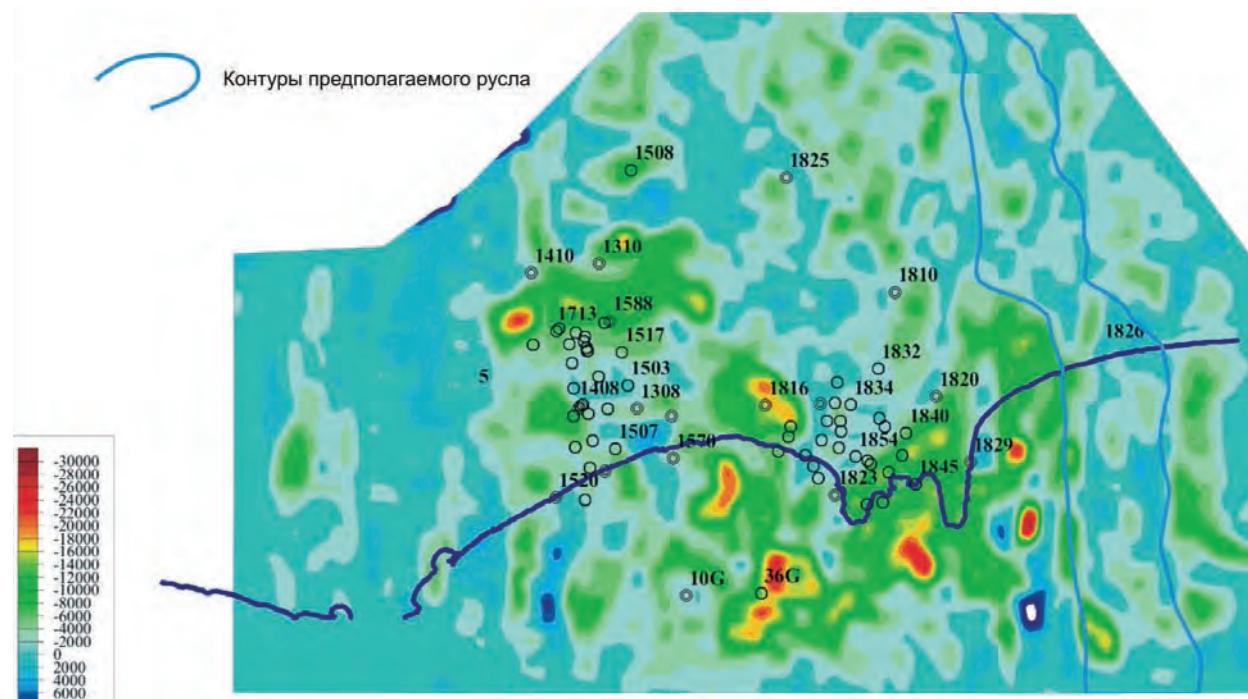


Рисунок 10. Карта минимальных амплитуд отраженных волн СГ-Ка2 (shift – 15 ms) / Figure 10. Map of the minimum amplitudes of the reflected waves SG-Ka2 (shift – 15 ms).

куба 3D, полученным в результате обработки данных трехмерной сейсморазведки [4], СГ-IV характеризует подошву нижнеплиоценовых отложений ПТ. Этот куб характеризует строение одной из нефтегазоносных площадей старейшего нефтегазоносного региона мира – Ашхеронского полуострова Азербайджана. На востоке изучаемой территории, рассекая всю площадь с севера на юг, проходит аномалия типа «врез» с очень крутым западным склоном и менее выраженной восточной границей, отождествляемая с палеоруслом (рис. 9).

На карте амплитуд (горизонтальный срез куба 3D) она приурочена к пониженным значениям (рис. 10). Размеры ее $1,5 \times 8,3$ км, площадь 8814 тыс. м². О перспективности данного объекта говорить весьма проблематично ввиду отсутствия на данном стратиграфическом уровне глубокого бурения. На юго-востоке площади исследования наблюдается область повышенных амплитуд.

Выводы

Проведенные исследования показали, что выделение и прослеживание разрывных нарушений по кубам когерентности не увенчались успехом, так как трансформация куба сейсморазведки в куб когерентности не дала желаемых результатов. На наш взгляд, это связано тем, что структурные планы по всем сейсмическим горизонтам внутри плиоценового комплекса осадков представляют моноклинали с большими углами наклона, что вносит большой процент неопределенности при выделении разрывных нарушений. Исходя из этого, нарушения выделялись традиционным способом: по кинематическим и динамическим признакам дизъюнктивных дислокаций в сейсмическом волновом поле. Установлено, что нарушения с малыми амплитудами играют роль экрана и участвуют в образовании ловушек углеводородов небольших размеров.

Многолетний опыт работ привел к заключению, что с применением МОГТ, начиная с 1970-х гг., многие проблемы выделения и прослеживания зон выклинивания исчезли. Единственной проблемой осталось уточнение положения точки выклинивания в разрезе, которая успешно решена применением обратной Q-фильтрации или деабсорбции. Естественно, это требует проведения на исследуемой площади ВСП; при его отсутствии следует прибегать к помощи спектрального или корреляционного анализа вблизи точки выклинивания.

Исследования палеорусел древних рек, потенциальных ловушек углеводородов в Азербайджане дали очень хорошие результаты: они четко выделяются и прослеживаются на сейсмическом волновом поле на вертикальных и горизонтальных срезах куба 3D.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мамедов П. З. Тектонотипы палеобассейнов Кавказско-Каспийского региона и основные стадии эволюционного развития Южно-Каспийского мегабассейна. Баку: АГНА, 2006, 28 с.
2. Ибрагимли М. С., Ганбаров Ю. Г. Неантклинальные ловушки, выявленные в Евлак-Агджабединском прогибе Азербайджана и их перспективность // Геофизика. 2012. № 3. С. 22–25.
3. Ахмедов Т. Р. К вопросу уточнения положения точки выклинивания на временному разрезе // Георесурсы. 2006. № 1(18). С. 21–23.
4. Yilmaz Oz. Seismic data analysis. Tulsa: SEG, 2001. 2065 p.

REFERENCES

1. Mamedov P. Z. 2006, *Tektonotipy paleobasseynov Kavkazsko-Kaspiskogo regiona i osnovnye stadii evolyutsionnogo razvitiya Yuzhno-Kaspiskogo megabasseyna* [Tectonic types of paleobasins of Caucasian-Caspian region and the main stage of the evolutionary development of the South Caspian megabasin], Baku, 28 p.
2. Ibragimli M. S., Ganbarov Yu. G. 2012, *Neantiklinal'nye lovushki, vyyavlennye v Evlakh-Agdzhabedinskem progibe Azerbaydzhana i ikh perspektivnost'* [Non-anticlinal traps identified in Yevlakh-Aqjabedi trough of Azerbaijan and their perspective]. Geofizika [Russian Geophysics], no. 3, pp. 22–25.
3. Akhmedov T. R. 2006, *K voprosu utochneniya polozheniya tochki vyklinivaniya na vremennom razreze* [On the question of clarifying the location of the pinchout point on the time section]. Georesursy [Georesources], vol. 18, no. 1, pp. 21–23.
4. Yilmaz Oz. 2001, Seismic Data Analysis. Tulsa: SEG, 2001. 2065 p.

Тофик Рашид оглы Ахмедов,
akhmedov.tofik@bk.ru
Азербайджанский государственный университет
нефти и промышленности
Азербайджан, Баку, пр-т Азадлыг, 20

Tofik Rashid oglu Akhmedov,
akhmedov.tofik@bk.ru
Azerbaijan State University of Oil and Industry
Baku, Azerbaijan

СКВАЖИННАЯ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКА ПЛАСТИНООБРАЗНЫХ МАЛЫХ ИНТРУЗИЙ В РУДНЫХ ПОЛЯХ

В. М. Сапожников, К. М. Ермолаев, Д. Б. Kovtun

Well electrical prospecting of platelike minor intrusions in the ore fields

V. M. Sapozhnikov, K. M. Ermolaev, D. B. Kovtun

During exploration and prospecting works, when using the method of a charge within the ore fields there is a problem of accounting influence of inhomogeneities of various genesis. In particular, it concerns the dike complex rocks. For immersed point source of current, authors have made the mathematical simulation of anomalous field caused by the presence of submerged half plane – insulator, and this simulation allowed to justify method of detecting steeply dipping bodies of small intrusions that frequently have ore-controlling value. Calculations show that for a successful separation of platelike anomaly-forming objects such as dikes, models of which can be half planes it is necessary to determine abnormal potential and its gradient. The latter is most convenient for interpretation, since it allows selecting objects confidently, even when there is a system of similar bodies. Practice confirms this condition, as demonstrated in the provided charts of the anomalous field and its gradient. The experience of exploration of ore fields, especially in the areas of active rock crushing, shows that bodies of small intrusions are quite contrasting anomaly-forming objects and without correct interpretation of related field disturbances, the successful interpretation of these measurements is difficult.

Keywords: small intrusion; dike; half-plane; immersed power source; anomalous potential and its gradient.

При поисково-разведочных работах методом заряда в пределах рудных полей возникает проблема учета влияния неоднородностей различного генезиса. В частности, это касается дайкового комплекса горных пород. Для погруженного точечного источника тока выполнено математическое моделирование аномального поля, обусловленного присутствием погруженной полуплоскости-изолятора, позволившее обосновать методику обнаружения крутопадающих тел малых интрузий, имеющих часто рудоконтролирующее значение. Расчеты показывают, что для успешного выделения пластинкообразных аномалиеобразующих объектов типа даек, моделями которых могут быть полуплоскости, следует определять аномальный потенциал и его градиент. Последняя характеристика наиболее удобна для интерпретации, так как позволяет уверенно выделять объекты даже тогда, когда имеется система подобных тел. Практика подтверждает это положение, что продемонстрировано на приводимых графиках аномального поля и его градиента. Опыт разведки рудных полей, особенно в регионах активного смятия горных пород, показывает, что тела малых интрузий являются достаточно контрастными аномалиеобразующими объектами и без правильного толкования связанных с ними возмущений поля успешная интерпретация данных измерений затруднительна.

Ключевые слова: малая интрузия; дайка; полуплоскость; погруженный источник тока; аномальный потенциал и его градиент.

Установлено, что большая группа магматогенных рудных месторождений, получивших название корневых, представляет систему рудных залежей, окружающих их гидротермально измененных пород и поздних магматических отщеплений. Все эти объекты имеют общие корни (или рудно- и магмовыводящие каналы), уходящие на глубину внутрь крупного интрузива, производными которого они являются [1–3]. Считается, что создавшие эти образования растворы поступали из верхних частей материнского интрузива в виде потоков, двигавшихся по тектоническим нарушениям, контактам геологических тел и другим проницаемым каналам, определяющим форму новообразований.

Важным элементом формировавшихся при этом структур являются тела малых интрузий, имеющих как дорудное, так и пострудное происхождение. Поскольку формирующие их магматогенные растворы были относительно вязкими, то малые интрузии преимущественно наследуют форму плоских субвертикальных трещин большой протяженности по длине при относительно малой мощности. Достаточно часто малые интрузии не выходят к дневной поверхности и надежно выявляются только по пересечениям в скважинах. Типичными являются образования поясов даек, которые развиваются по системе трещин. Так как последние нередко образуют взаимно ортогональные пересечения, то и наследующие их дайки формируют разнонаправленные пояса.

Пластинкообразную форму имеют также кварцевые и пегматитовые жилы, угольные пласти и другие объекты, представляющие поисковый интерес. Тела же малых интрузий как типичные объекты рудных полей являются косвенными индикаторами рудопрекспективных участков при поисковых работах и требуют внимания при исследовании структуры рудных полей и месторождений на стадии разведки. Неизбежно возникает необходимость в классификации аномалий в сложнопостроенных средах, типичных для месторождений твердых полезных ископаемых. Поэтому исследование закономерностей в формировании аномалий, связанных с геологическими телами, сопутствующими продуктивным образованиям, представляет несомненный интерес.

Общий для всех отмеченных объектов является их относительно высокое удельное сопротивление, которое особенно аномально в случае,

когда вмещающие их горные породы метаморфизованы и обогащены сульфидами. Например, сопротивление тел малых интрузий в рассматриваемом далее рудном поле на порядок выше, чем у вмещающих их измененных вулканогенных пород. Следовательно, подобные магматогенные тела являются контрастными объектами при применении электроразведки и при оптимальных условиях возбуждения и измерения могут создавать ощущимые аномальные эффекты, по которым возможно их обнаружение.

Для рассмотрения предпосылок обнаружения малых интрузий, имеющих часто пластинкообразную форму, можно использовать простую модель полуплоскости – изолятор. Решение задачи об аномальном потенциале U_a точечного источника А тока I в пространстве с удельным сопротивлением ρ в присутствии полуплоскости имеет вид [4]:

$$U_a = \frac{Q}{\pi} \left(R^+ \arctg \frac{r^-}{2L} + R^- \arctg \frac{r^+}{2L} \right), \quad (1)$$

где

$$Q = \frac{\rho I}{4\pi}, \quad R^+ = \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_1}, \quad R^- = \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1},$$

$$r^- = r_2 - r_1, \quad r^+ = r_2 + r_1, \quad L = \sqrt{a(1 - \cos(\gamma))l(1 - \cos(\theta))},$$

r_1, r_2 – расстояния до точки M измерений поля от источника А и его зеркального отражения в полуплоскости соответственно; a, l – соответственно кратчайшие расстояния от А и M до кромки полуплоскости; γ, θ – соответственно полярные координаты точек А и M в цилиндрической системе координат с осью, совпадающей с кромкой полуплоскости (рис. 1).

В случае наличия дневной поверхности и полуплоскости, погруженной вертикально в полупространство с сопротивлением ρ при глубине кромки H и глубине погружения источника тока h решение (1) усложняется. Считается, что среда условно безгранична, но дополнительно вводится в рассмотрение отображения в плоскости дневной поверхности полуплоскости и источника А. Удобно начало координат перенести на дневную поверхность, принять $Q = 100$, а все линейные размеры выразить в долях $H = 1$.

Результаты расчетов аномального поля над погруженными полуплоскостью-изолятором и источником тока, частично приведенные на рис. 2–5, позволили сделать следующие выводы.

Присутствие полуплоскости проявляется знакопеременной аномалией U_a с положительной ветвью, обращенной в сторону погруженного источника. Наиболее четко полуплоскость фиксируется по графику градиента аномального потенциала, который над ее проекцией имеет экстремум. Если градиент вычислять вдоль оси x (рис. 1), экстремум положительный. С погружением источника амплитуда графика U_a уменьшается и его экстремумы отодвигаются от оси полуплоскости (рис. 2, a). Однако положение экстремума градиента аномального потенциала сохраняется и соответствует оси полуплоскости. Хотя с погружением токового источника аномальный потенциал уменьшается, но нормальный потенциал U_0 убывает еще быстрее, и относительная аномалия $U_a/U_0 = f(h)$ увеличивается. Подобная тенденция продемонстрирована на при-

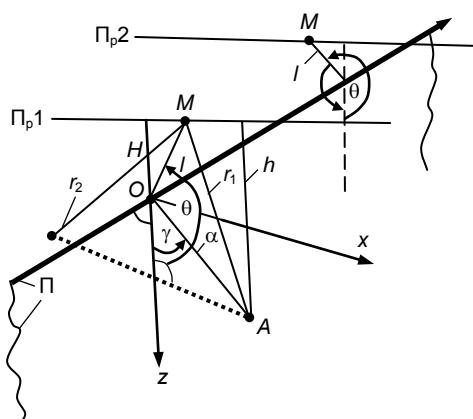


Рисунок 1. Модель полуплоскости Π и точечного источника тока A с примерами профилей измерения в цилиндрической системе координат с началом в точке O – проекции A на кромку полуплоскости / Figure 1. Model of half plane (Π) and point-source of current (A) with examples of profile measurement in a cylindrical coordinate system with the origin at the point O – projection of A on the edge of the half plane.

мере, представленном на рис. 3. Следовательно, для обнаружения погруженных объектов, подобных рассматриваемой полуплоскости, скважинная электроразведка имеет преимущества перед ее наземным вариантом.

Показательно, что характерные особенности аномального потенциала и градиента сохраняются при применении двухполюсной установки AB , когда один точечный источник расположен на дневной поверхности, а другой погружен в скважину (рис. 2, б). Следовательно, на практике для картирования геологических объектов пластинчатой формы возможно применение токовой установки с разнополярными электродами, погруженными в скважину на разные глубины.

При площадных измерениях присутствие пластинообразного объекта высокого сопротивления может быть установлено по характерному виду изолиний аномального поля. Типичные картины изолиний представлены на рис. 4.

Как и для профилей, присутствие полуплоскости проявляется по смене знака аномального потенциала со сгущением изолиний над осью данного аномалиеобразующего объекта. На профилях, проложенных вкрест простирания полуплоскости, при их удалении от источника тока экстремумы знакопеременных ветвей аномального потенциала все более отодвигаются от оси полуплоскости. Следовательно, будет ошибкой использование экстремумов для целей корреляции аномалий. Гораздо отчетливее полуплоскость обнаруживается по изолиниям градиента

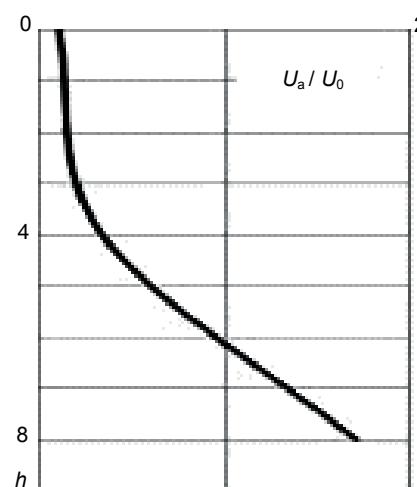


Рисунок 3. Пример зависимости относительной аномалии U_a/U_0 для модели погруженной полуплоскости-изолятора от глубины источника тока h ($H = 1$ и $x_A = 4$) / Figure 3. An example of dependence of the relative anomaly U_a/U_0 for the model of submerged half plane – insulator on the current source depth h ($H = 1$ and $x_A = 4$).

аномального потенциала, оси которых соответствуют проекции кромки полуплоскости на условную дневную поверхность.

Приведем некоторые дополнительные сведения относительно характера аномалий, обусловленных объектом в форме полуплоскости. При наклонном залегании с падением в сторону источника тока на графиках U_a происходит дополнительное удаление максимума аномального потенциала от проекции кромки полуплоскости на ортогональный к ней профиль, и положительная ветвь аномалии превалирует по отношению к отрицательной ветви. При падении полуплоскости в сторону от источника аналогичные изменения происходят с отрицательной ветвью аномального потенциала. Наклонное залегание полуплоскости проще проявляется на графиках и плане изолиний градиента аномального потенциала.

Отмечается нарушение симметрии и выполаживание вида аномалии в сторону падения полуплоскости. При значительной мощности пластинообразного тела аномалия над ним расширяется. Представление о влиянии мощности тела на вид аномалии можно получить, обратившись к монографии [5], на примере вертикального пласта, выходящего к дневной поверхности.

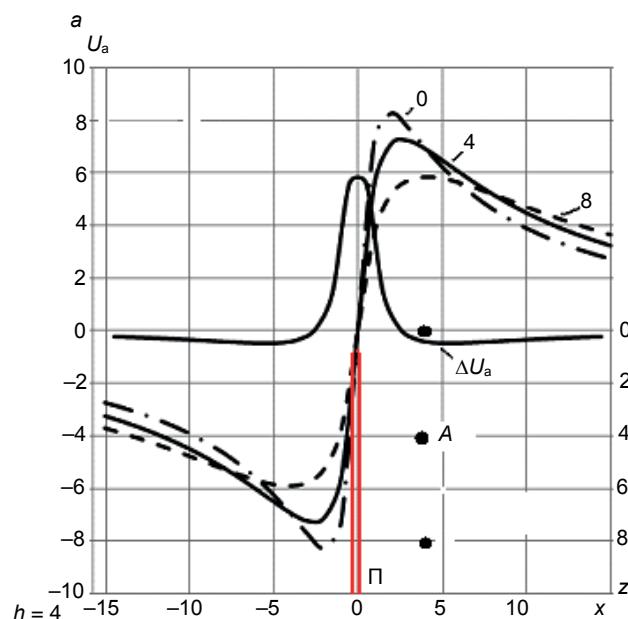
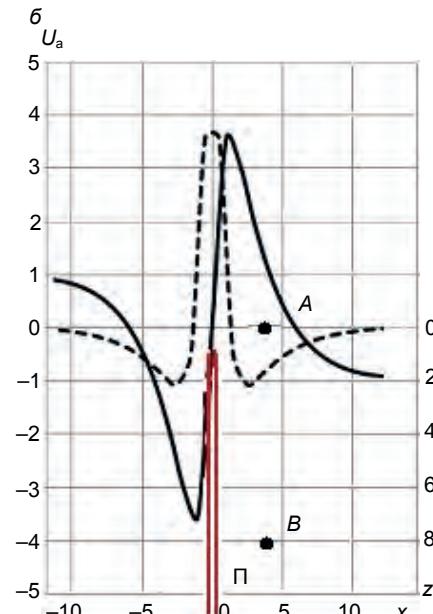


Рисунок 2. Графики аномального потенциала U_a над погруженной полуплоскостью-изолятором ($H = 1$) при различной глубине h (параметр графиков) точечного источника тока A и график градиента аномального потенциала ΔU_a ($h = 4$) – а; графики U_a и ΔU_a для двухполюсной токовой установки AB ($h_A = 4$, $h_B = 8$) – б / Figure 2. Charts of the anomalous potential U_a over submerged half plane – insulator ($H = 1$) at different depths of h (charts parameter) point current source (A) and a graph of the gradient of anomalous potential ΔU_a ($h = 4$) (a); charts U_a and ΔU_a for bipolar current installation AB ($h_A = 4$, $h_B = 8$) (b).



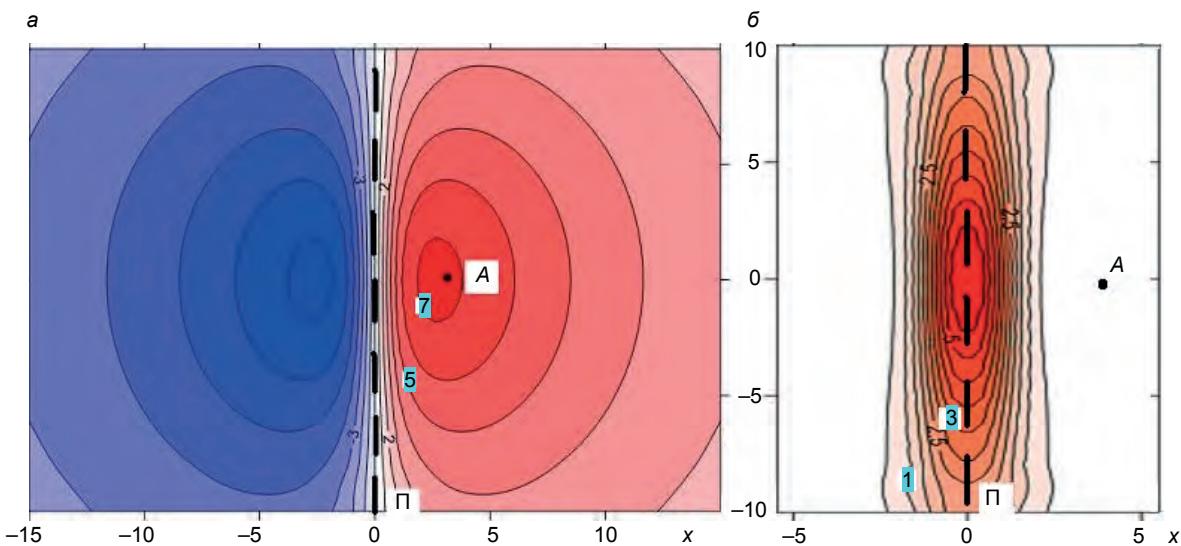


Рисунок 4. Изолинии аномального потенциала – а и его градиента – б на площади границы полупространства (модель дневной поверхности), включающей погруженную полуплоскость-изолятор при $H = 1$, $h = 4$ и $x_A = 4$ / Figure 4. Isolines of the anomalous potential (a) and its gradient (b), on the area of half plane border (day surface model), including a submerged half plane – insulator when $H = 1$, $h = 4$, and $x_A = 4$.

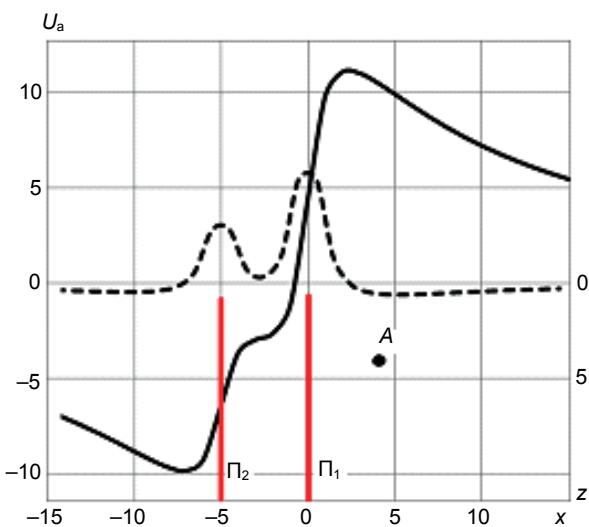


Рисунок 5. Графики аномального потенциала U_a и его градиента ΔU_a (штриховая кривая) поля источника тока A для среды, содержащей две погруженные полуплоскости-изоляторы Π_1 и Π_2 / Figure 5. Charts of the anomalous potential U_a and its gradient ΔU_a (dashed line) of the field current source (A) for a medium, comprising two submerged half planes – insulators (Π_1 and Π_2).

В реальных средах возможно присутствие пояса пластинообразных малых интрузий, например с субпараллельным простиранием и падением. В этом случае происходит наложение аномальных эффектов, и картина аномального поля усложняется. В качестве примера на рис. 5 показаны графики U_a и ΔU_a для случая присутствия в среде двух параллельных погруженных полуплоскостей, расположенных по одну сторону от источника тока. Как видим, над более удаленным объектом аномальный потенциал имеет форму, заметно отличающуюся от той, которая характерна для одиночной полуплоскости. По графикам же градиента аномального потенциала удаленная полуплоскость фиксируется достаточно надежно. Следовательно, при практических работах при интерпретации аномального поля погруженного источника тока необходимо использовать градиентную характеристику.

Реальные тела малых интрузий конечно не являются идеальными изоляторами. Однако их заметное превышение по удельному сопротивлению относительно вмещающих пород позволяет считать, что аномалии от них имеют такой же вид, который установлен для применяемой модели-изолятора, хотя амплитуды аномалий будут меньше. Поскольку интерпретация аномального поля носит качественный характер, использование моделей с предельно высоким сопротивлением для установления типичного вида аномалий применительно к широкому кругу высокомощных объектов вполне допустимо. В этом убеждает практический опыт.

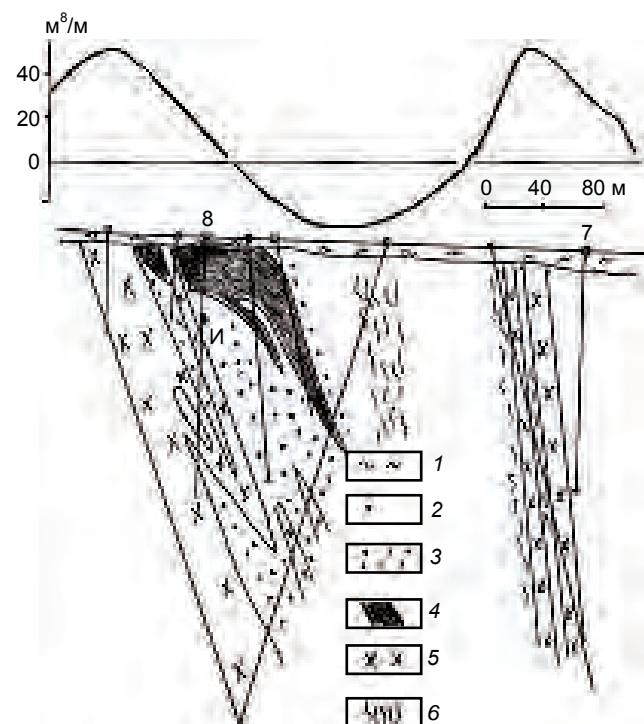


Рисунок 6. Пример проявления малых интрузий в форме даек, которые отметились положительными аномалиями градиента потенциала поля погруженного источника тока, на одном из разведочных профилей с соответствующим геологическим разрезом. 1 – покровные отложения; 2 – вулканогенные породы; 3 – сульфидизация пород; 4 – руды; 5 – габбро-диоритовые тела даек; 6 – зоны трещиноватости и рассланцевания; И – точечный источник тока (по материалам Уральской геолого-съемочной экспедиции, Р. Ф. Гилаздинова, В. М. Сапожникова) / Figure 6. An example of manifestations of small intrusions in the form of dikes, which were noted with the positive anomalies of the field potential gradient of immersed current source, in one of the exploratory profiles with the corresponding geological section (based on the Ural geological survey expedition and R. F. Gilaztdinov, V. M. Sapozhnikov).

В качестве примеров проявления малых интрузий при электроразведочных работах на участке рудного поля на рис. 6 и 7 приведены графики градиента аномального поля, полученные при обработке наблюдений поля погруженного точечного источника тока в скважину 8 на глубину 70 м, вскрывшей медно-цинковую залежь (Приполярный Урал). Картина аномального потенциала, выделенного путем исключения нормального поля статистическим способом [6], оказалась достаточно сложной. В нём проявились различные неоднородности среды, включая несколько-

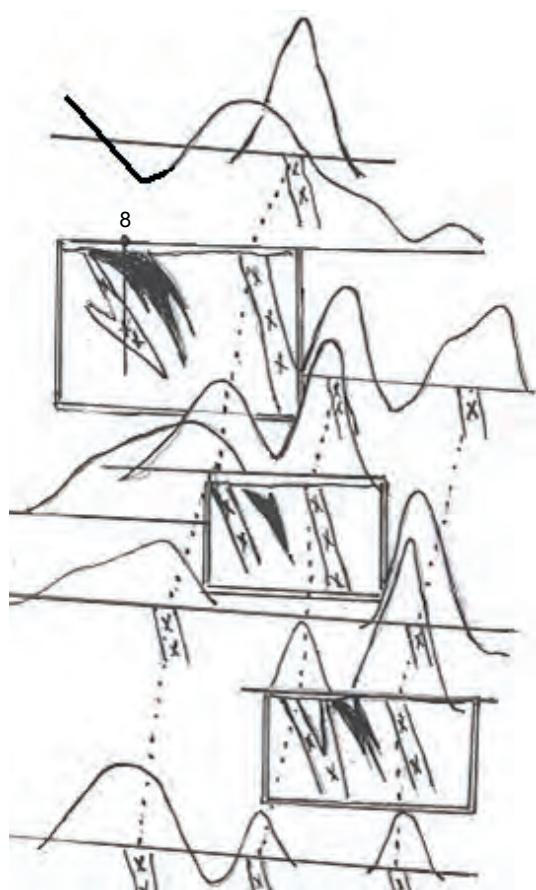


Рисунок 7. Графики градиента аномального потенциала по профилям площадной съемки поля погруженного источника тока в скв. 8, геологические разрезы (в рамках) и корреляционные оси положительных аномалий, соответствующие выделяемым дайкам (по материалам Уральской геолого-съемочной экспедиции, Р. Ф. Гилазтдинова, В. М. Сапожникова) / Figure 7. Charts of the anomalous potential gradient by profiles of aerial survey of the field of immersed current source in the well 8, geological sections (within the limits) and correlation axis of positive anomalies corresponding to allocated dikes (based on the Ural geological survey expedition and R. F. Gilaztdinov, V. M. Sapozhnikov).

ко небольших разобщенных рудных тел. Ограничимся рассмотрением аномалий, связанных с дайками магматогенных пород, пронизывающих вмещающие вулканогенные породы, местами преобразованные гидротермальными процессами с развитием сульфидизации.

Из рис. 6 видно, что на графике градиента аномального потенциала наиболее яркие положительные аномалии соответствуют выходам под покровные рыхлые отложения магматогенным телам в форме крутопадающих даек. Присутствие в разрезе этих даек подтверждено буровой разведкой. По геологическому разрезу хорошо видно, что все аномальные тела (дайки, зоны сульфидизации, незалеченные зоны трещиноватости и рассланцевания, сульфидная залежь) имеют общие корни и сформиро-

вались из единого очага, каким могла служить более глубокозалегающая крупная материнская интрузия.

На рис. 7 приведена серия графиков градиента аномального потенциала поля источника тока, помещенного в скважину 8. Графики соответствуют профилям площадных наблюдений (на участке протяженностью 1 км), часть из которых близка разведочным профилям с построеными для них геологическими разрезами. Положительные аномалии на этих графиках связываются также с проявлением малых интрузий, образующих пояс субпараллельных даек, присутствие которых частично зафиксировано буровыми работами. На геологических профилях выделены также разобщенные небольшие сульфидные залежи с крутым падением на восток.

Приведенный пример и другие [7] свидетельствуют как о значительной роли малых интрузий при формировании рудных полей, так и о создании ими контрастных неоднородностей, существенно влияющих на аномальные поля в пределах рудных полей. И хотя главный интерес при изучении перспективных площадей представляют руды без учета возмущений, создаваемых малыми интрузиями, продуктивная интерпретация данных электроразведки в подобных условиях будет просто неэффективна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванкин П. Ф. Морфология глубоковскрытых магматогенных рудных полей. М.: Недра, 1970. 288 с.
2. Казицин Ю. В. Метасоматизм в земной коре. Л.: Недра, 1979. 208 с.
3. Ivanov K. S., Puchkov V. N., Fyodorov Yu. N. et al.: Tectonics of the Urals and adjacent part of the West-Siberian platform basement; main features of geology and development // Journal of Asian Earth Sciences. 2013. Vol. 72. pp. 12–24.
4. Сапожников В. М. Диск, полуплоскость и плоскость с вырезом, имеющие предельную или конечную электропроводность, в поле точечного источника тока // Изв. УГГУ. 1996. Вып. 5. С. 11–15.
5. Семёнов М. В., Сапожников В. М. и др. Электроразведка рудных полей методом заряда. Л.: Недра, 1981. 216 с.
6. Виноградов А. М., Сапожников В. М. Алгоритмическое представление процесса интерпретации геополей // Изв. УГГУ. 2014. Вып. 1(33). С. 5–14.
7. Аузин А. А. Комплексирование методов геофизических исследований в скважинах (на примере Воронежской антиклизы). Воронеж: Научная книга, 2010. 260 с.

REFERENCES

1. Ivankin P. F. 1970, *Morfologiya glubokovskrytykh magmatogennykh rudnykh poley* [Morphology of deeply dissected magmatic ore fields], Moscow, 288 p.
2. Kazitsin Yu. V. 1979, *Metasomatizm v zemnoy kore* [Metasomatism in the earth's crust], Leningrad, 208 p.
3. Ivanov K. S., Puchkov V. N., Fyodorov Yu. N., et al. 2013, Tectonics of the Urals and adjacent part of the West-Siberian platform basement; main features of geology and development. Journal of Asian Earth Sciences, vol. 72, pp. 12–24.
4. Sapozhnikov V. M. 1996, *Disk, poluploskost' i ploskost' s vyezrom, imeyushchie predeльnuyu ili konechnuyu elektroprovodnost'*, v pole tochechnogo istochnika toka [The disc, half-plane, and the plane with a cut having a limited or finite conductivity, in a field of the point current source]. Izvestiya UGGU [News of the Ural State Mining University], vol. 5, pp. 11–15.
5. Semenov M. V., Sapozhnikov V. M. et al. 1981, *Elektrorazvedka rudnykh poley metodom zaryada* [Electrical exploration of ore fields by the method of charge], Leningrad, 216 p.
6. Vinogradov A. M., Sapozhnikov V. M. 2014, *Algoritmicheskoe predstavlenie protsesssa interpretatsii geopolej* [Algorithmic presentation of the interpretation process of geofields]. Izvestiya UGGU [News of the Ural State Mining University], vol. 1, pp. 5–14.
7. Auzin A. A. 2010, *Kompleksirovaniye metodov geofizicheskikh issledovanij v skvazhinakh (na primere Voronezhskoy antiklizy)* [Integration of methods of geophysical researches in wells (on the example of the Voronezh anticline)], Voronezh, 260 p.

Вадим Михайлович Сапожников,
elrswm@ursmu.ru
Кирилл Михайлович Ермолаев,
Denis Borisovich Kovtun,
Уральский государственный горный университет
Россия, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

Vadim Mikhaylovich Sapozhnikov,
elrswm@ursmu.ru
Kirill Mikhaylovich Ermolaev,
Denis Borisovich Kovtun,
Ural State Mining University
Ekaterinburg, Russia

МИКРОСТРУКТУРЫ ЖИЛЬНОГО КВАРЦА ЭПИТЕРМАЛЬНОГО СЕРЕБРЯНОГО РУДОПРОЯВЛЕНИЯ АИД (ТАРЫНСКИЙ СУБВУЛКАНИЧЕСКИЙ МАССИВ, ВОСТОЧНАЯ ЯКУТИЯ)

О. А. Суставов

Vein quartz microtextures at the epithermal silver occurrence Aid (Tarynsky subvolcanic massif, Eastern Yakutia)

O. A. Sustavov

New data about the microtextural features and the formation conditions of the varieties of vein quartz at the occurrence Aid, listed below in the order reflecting the sequence of their formation.

Fine-grained hypidiomorphic quartz – complicated by oriented at different angles to each other the extended along c-axis individuals with close to linear boundaries; often occurs in isolation from other varieties of quartz, mainly on the periphery of the occurrence. Crypto- and fine-grained hypidiomorphic quartz is usually heavily soiled with mineral impurities; was precipitated from solutions involving products of rocks fine grinding in fault zones.

Medium-grained parallel-columnar ("comb") quartz – aggregate of elongated along the c-axis individuals, growing on the walls of the veins; it is characterized by recurrent capture of large number of fluid inclusions during the growth and by the subrhomboedral splitting of individuals. Micro-crypto-grained splitted ("chalcedonic") quartz is characterised by a fanlike or similar to the cross the extinction of grains; it forms veins, often crossing the hypidiomorphic and comb quartz.

Substantiates the link of succession of unsplitted hypidiomorphic to splitted comb and chalcedonic quartz with the increasing of speeds of solutions, their acidity and the degree of silica supersaturation.

The presence of kaolinite argillites and chalcedonic quartz, and the existence in chalcedonic quartz and in injection cocade breccias born with some of the deep the fragments of fine-banded quartz veins with dense impregnation of ore minerals provide an indication of a small depth of erosion at the occurrence.

Keywords: Eastern Yakutia; silver mineralization; vein quartz; comb quartz; chalcedonic quartz; splitting of quartz.

Приводятся новые данные о микроструктурных особенностях и условиях образования разновидностей жильного кварца рудопроявления Аид, отражающем последовательность их образования. Мелкозернистый гипидиоморфный кварц сложен ориентированными под различными углами друг к другу удлиненными по оси с индивидами с близкими к прямолинейным ограничениями; нередко встречается отдельно от других разновидностей кварца, преимущественно по периферии рудопроявления. Крипто- и микрозернистый гипидиоморфный кварц обычно сильно загрязнен минеральными примесями; отлагался из растворов, захватывавших продукты тонкого изменения пород в зонах разломов. Средне-мелкозернистый параллельно-шестоватый («гребенчатый») кварц – агрегат вытянутых по оси с индивидами, нарастающих на стеки жил; ему свойствен периодический захват при росте большого количества флюидных включений и субромбоздрическое расщепление индивидов. Микро-криптозернистый расщепленный («халцедоновидный») кварц характеризуется веерообразным или крестоподобным угасанием относительно крупных зерен; образует жилы, нередко пересекающие гипидиоморфный и гребенчатый кварц. Обосновывается связь последовательной смеси нерасщепленного гипидиоморфного кварца расщепленными гребенчатым и халцедоновидным кварцем с увеличением скоростей перемещения растворов, возрастанием их кислотности и степени пересыщения кремнеземом. Присутствие на рудопроявлении каолинитовых аргиллизитов и халцедоновидного кварца, а также наличие в халцедоновидном кварце и в инъекционных кокардовых брекчиях принесенных с некоторых глубин обломков тонкополосчатых кварцевых жил с густой вкрапленностью рудных минералов служат указанием на малую глубину эрозионного среза рудопроявления.

Ключевые слова: Восточная Якутия; серебряное оруденение; жильный кварц; гребенчатый кварц; халцедоновидный кварц; расщепление кварца.

Рудопроявление Аид, содержащее эпимермальное серебряное оруденение серебро-сурьмяного типа [1, 2], находится в юго-восточной части Верхояно-Колымской орогенной области, в пределах крупного (площадью 1500 км²) Тарынского субвулканического массива раннемеловых гиперстеновых дацитов (рис. 1). В рудных телах, приуроченных к брекчевым и прожилково-жильным зонам, окруженым метасоматически измененными породами, выделяются арсенопирит-пиритовая, галенит-сфalerит-халькопиритовая и пирагримит-фрейбергитовая рудные минеральные ассоциации [1–3].

Метасоматически измененные породы наблюдаются на данном рудопроявлении в коренных выходах на поверхность и в виде обломков в различных цементируемых кварцем брекчиях – в том числе в гидротермальных инъекционных брекчиях (рис. 2), в которых обломки пород принесены с некоторых глубин ниже современного эрозионного среза [4–6]. Породы в коренных выходах и в обломках представляют собой преимущественно измененные дациты, которые можно представить следующим рядом: гидрослюдисто-хлоритовые пропилиты, хлорит-кварцевые метасоматиты (хлоритсодержащие гидротермальные кварциты),

адуляризированные породы, гидрослюдистые и каолинит-гидрослюдистые аргиллизиты, каолинитовые аргиллизиты. Преобладающим распространением, как и на многих других эпимермальных месторождениях [7], пользуются гидрослюдистые и каолинит-гидрослюдистые аргиллизиты.

Исходные гиперстеновые дациты, не подверженные указанным метасоматическим изменениям, состоят из вкраплеников плагиоклаза, гиперстена, биотита и основной массы, содержащей калиевый полевой шпат и кварц. В пропилитизированных породах плагиоклаз вкраплеников сильно серicitизирован, темноцветные минералы почти полностью замещены хлоритом, калиевый полевой шпат основной массы пелитизирован. На дифрактограммах полученной отмучиванием тонкой фракции диагностированных под микроскопом каолинитовых аргиллизитов (в ориентированных и неориентированных препаратах) имеются максимумы 0,718–0,719 нм, которые исчезают при прокаливании при 650 °C, что подтверждает наличие каолинита. На дифрактограммах каолинит-гидрослюдистых аргиллизитов наблюдаются максимумы 1,02 и 0,718 нм. После прокаливания при 650 °C первый максимум остается, а второй исчезает, из чего можно сделать вывод, что в породе присутствуют слюдистый минерал (судя по форме максимума, он представлен гидрослюдой) и каолинит (аналитик Н. Г. Сапожникова), что подтверждает микроскопическую диагностику пород.

Разновидности жильного кварца рудопроявления Аид частично описаны автором ранее [6, 8–10], ряд сведений о кварце рудопроявления имеется в работах [2, 11, 12]. В настоящей статье приводятся новые данные о микроструктурных особенностях и условиях образования разновидностей жильного кварца, некоторые из которых отмечаются впервые, а также рассматриваются установленные при изучении кварца признаки развития оруденения на глубину.

Жильный кварц характеризуется в данной статье на основании наблюдений в шлифах под микроскопом: по размеру зерен (в поперечнике) выделяется средне- (1–5 мм), мелко- (0,2–1 мм), микро- (0,02–0,2 мм) и криптозернистый (менее 0,02 мм) кварц; по форме и степени идиоморфизма индивидов – параллельно-шестоватый и гипидиоморфный кварц; по наличию или отсутствию выявляемого под микроскопом расщепления индивидов [6, 13, 14] – расщепленный и нерасщепленный кварц. Разновидности кварца, присутствующие на рудопроявлении, рассматриваются далее в порядке, в целом (с некоторыми отклонениями) отражающим последовательность их образования на рудопроявлении.

Мелкозернистый гипидиоморфный [8, 15] (subhedral [14]) кварц (ГК₁) сложен ориентированными под различными углами друг к другу удлиненными по оси с индивидами с близкими к прямолинейным ограничениями; между этими индивидами располагаются зерна с сечениями изометричной и неправильной формы (рис. 3, а). Индивиды кварца нерасщепленные (хотя некоторым крупным зернам иногда свойственно слабое периферическое расщепление), выросшие из зародышей, расположавшихся преимущественно не на стенках, а внутри объема жильных полостей [8].

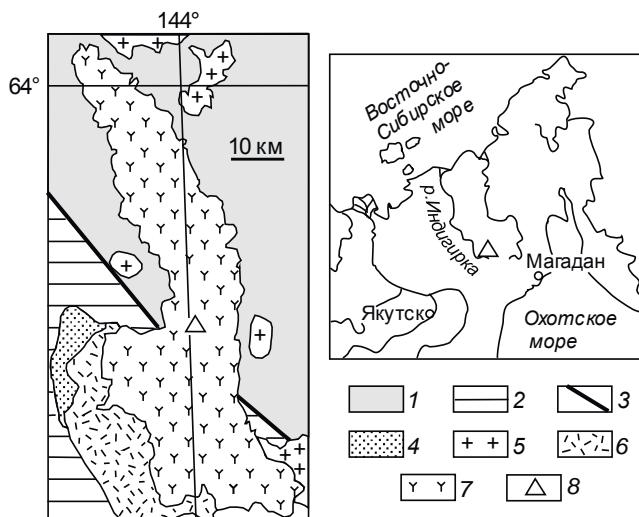


Рисунок 1. Местоположение и схема геологического строения района (по [19], с изменениями). 1 – Кулар-Нерский террейн; 2 – Верхоянский складчато-надвиговый пояс; 3 – Адчыса-Тарынский разлом; 4 – верхнеякорские вулканогенно-осадочные образования; 5 – гранодиорит-гранитные, адамеллит-гранитные и диорит-гранодиоритовые plutоны; 6 – риолитовый комплекс; 7 – Тарынский субвулкан; 8 – рудопроявление Аид / Figure 1. The location and scheme of the geological structure (according to [19], as amended).

Мелкозернистый гипидиоморфный кварц нередко встречается отдельно от других разновидностей кварца, особенно на западном и южном флангах рудопроявления; характерно его присутствие в жилах, залегающих среди хлорит-кварцевых и гидрослюдистых метасоматитов.

Микро- и криптозернистый гипидиоморфный кварц (ГК₂) – рис. 3, б. Нередко сильно загрязнен мелкими обломками пород и чешуйками глинистых минералов – в некоторых случаях минеральных включений может быть больше, чем кварца.

ГК₂, густо насыщенный глинистыми минералами (в виде отдельных чешуек размерами не более 1 мкм, их скоплений, а также мелких обломков аргиллизированных дакитов), иногда заполняет промежутки между разобщенными между собой крупными кристаллами кварца (рис. 4). В этом случае в наиболее обширных промежутках между крупными кристаллами наблюдаются признаки слоистости ГК₂ (ориентированной под углом к стенке жилья), фиксируемой чередованием ГК₂ с обломками породы разного размера (рис. 4) и направленностью присутствующих в ГК₂ уплощенных обломков породы.

Средне-мелкозернистый параллельно-шестоватый («гребенчатый») кварц (ПК) сложен вытянутыми вдоль оси с индивидами, ориентированными субперпендикулярно обрастающим поверхности (параллельно-шестоватые агрегаты 1 типа, по Д. П. Григорьеву [8]) – рис. 4 (см. также [9, 10]).

Как показано в [8–10], рост агрегатов гребенчатого кварца нередко начинается с образования на стенах полостей мелких, разобщенных между собой нерасщепленных призматических кристаллических кварца (сходных с индивидами ГК). В ходе последующего роста этих индивидов в их краевых частях появляется расщепленный кварц с «перистым» [14] утесанием, состоящий из слабо разориентированных между собой субиндивидов, удлиненных поперек граней ромбодров. В образующемся таким образом агрегате гребенчатого кварца основную часть объема занимает нерасщепленный кварц осевых частей индивидов, а расщепленный кварц образует чехлы определенной толщины по краям индивидов [8–10].

Расщепление (а также густое замутнение первичными флюидными включениями) часто развито в агрегатах гребенчатого кварца полосами, параллельными обрастающим поверхностям. В жиле, изображененной на рис. 4, имеется полоса расщепления и густого замутнения флюидными включениями, которая находится на расстоянии около 2 мм от стены жилья. Она располагается между зоной призальбандового геометрического отбора и зоной, образованной отдельными крупными кристаллами кварца. Расщепление и густое замутнение в этой полосе нередко приурочены к дефектным пирамидам нарастания граней гексагонального призмы [8], появляющимся в верхней части зоны геометрического отбора.

В данной жиле присутствует также инъекционная кокардовая брекчия (верхняя часть рис. 4), в которой на обломки пород и «комки» ГК₂ нарастают корки мелкогребенчатого кварца (поперечник индивидов до 0,5 мм). В корках этого кварца также имеются параллельные обрастающие поверхности полосы, густо насыщенные флюидными включениями, подобные полосе в основании основной друзы. Эти полосы могут быть



Рисунок 2. Гидротермальная инъекционная брекчия: обломки каолинит-гидрослюдистых аргиллизитов по дакитам различной структуры 1–4 и обломки сильно загрязненных минеральными примесями халцедоновидного (см. далее) кварца 5, 6 цементируются более чистым халцедоновидным кварцем 7; николи скрещены / Figure 2. The hydrothermal injection breccia: fragments of kaolinite-hydromicaceous argillites by dacites on different structures (1–4) and fragments of heavily soiled with mineral impurities chalcedonic quartz (5, 6) cemented by cleaner chalcedonic quartz (7); nicols are crossed.

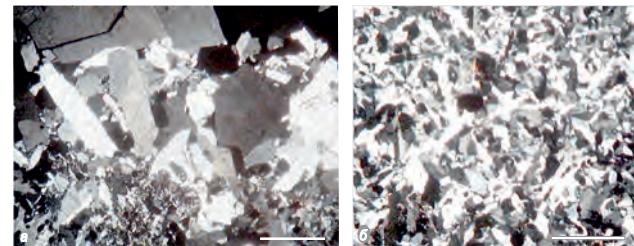


Рисунок 3. Гипидиоморфный кварц: а – мелкозернистый (масштабный отрезок – 1 мм); б – микрозернистый (масштабный отрезок – 0,3 мм); николи скрещены / Figure 3. Subhedral quartz.

приурочены к основаниям корок мелкогребенчатого кварца и к местам стыков корок, растущих навстречу друг другу.

С гипидиоморфным кварцем гребенчатый кварц в большинстве случаев пространственно разобщен. В случаях совместного нахождения гипидиоморфный кварц нередко является несколько более ранним, чем гребенчатый. Так, рост агрегатов гребенчатого кварца может начинаться, как отмечено ранее, с образования мелких разноориентированных нерасщепленных кристаллических кварца, сходных с индивидами, образующими гипидиоморфный кварц. Иногда встречаются переходные разности между гипидиоморфным и гребенчатым кварцем [8].

Микро- и криптозернистый расщепленный («халцедоновидный») кварц (ХК) сложен зернами размерами менее 0,1 мм в поперечнике. Наиболее мелкие зерна имеют преимущественно неправильную форму, относительно крупные зерна часто вытянуты по оси с. Расщепление кварца в относительно крупных зернах проявляется в плавном веерообразном или крестоподобном угасании зерен [8]; в связи с наличием постепенных переходов от микрозернистых к криптозернистым агрегатам наличие расщепления можно предполагать и в наиболее мелких зернах (размером меньше толщины шлифа).

Халцедоновидный кварц чаще всего встречается отдельно от гребенчатого и гипидиоморфного кварца, а в случаях совместного нахождения может пересекать эти разновидности кварца (рис. 5, а); отмечается нарастание ХК на отдельные кристаллы ГК₁ (рис. 5, б). С криpto-микрозернистым гипидиоморфным кварцем ХК иногда связан постепенными переходами.

Минеральные примеси в халцедоновидном кварце представлены главным образом глинистыми минералами и обломками пород (преимущественно мелкими, размерами до 0,2–0,3 мм). Наиболее сильно загрязнен минеральными включениями криптозернистый ХК, количество включений в котором иногда достигает 10–20 % и более. Криптозернистый ХК нередко содержит каолинит и цементирует обломки каолинитовых аргиллизитов. Микрозернистый ХК содержит меньше минеральных включений, обломки пород в нем нередко разнородные и округленные, иногда присутствуют адуляр и замещенный кварцем пластинчатый кальцит.

В некоторых случаях микрозернистый халцедоновидный кварц образует глобулы размерами до 5–8 см, в промежутках между которыми наблюдаются принесенные растворами инородные обломки, в том числе обломки богатых рудными минералами тонкополосчатых кварцевых агрегатов (рис. 6, а). В этих агрегатах наблюдаются ритмы, начинающиеся с частично расщепленного друзового кварца и завершающиеся цементирующими друзовым кварцем микрозернистым (0,02 мм) гипидиоморфным кварцем, густо насыщенным рудными минералами (рис. 6, б). Эти облом-

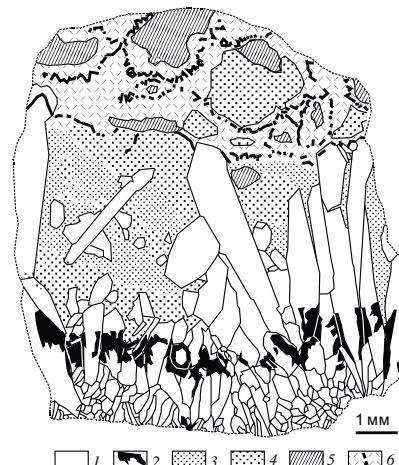


Рисунок 4. Призальбандовый участок жилы: гребенчатый кварц 1 с зоной расщепления и густого замутнения флюидными включениями 2 цементируются микрозернистым гипидиоморфным кварцем с обломками пород размежами до 0,02 мм 3 и до 1 мм 4, а затем перекрывается кокардовой брекчий (5 – наиболее крупные обломки пород) с поздним мелкогребенчатым кварцем (6, черное – густое замутнение флюидными включениями) / Figure 4. Near-wall vein portion.

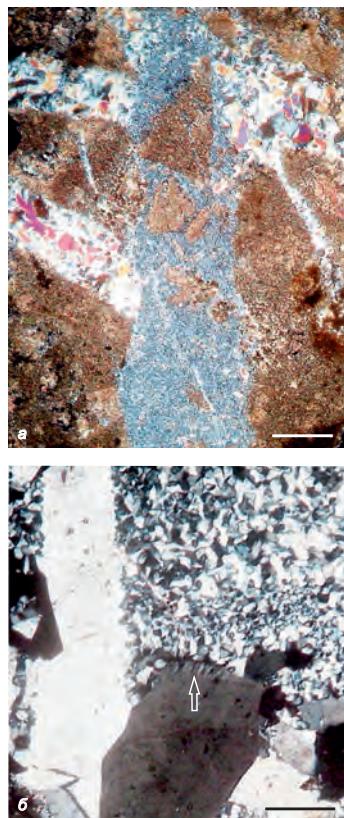


Рисунок 5. Взаимоотношения халцедоновидного и гипидиоморфного кварца: а – жилы гипидиоморфного кварца (переходного к гребенчатому – см. [8]) пересекаются жилой криптозернистого ХК с обломками вмещающего датита (в свою очередь пересеченной тонким кварцевым прожилком); утолщенный шлиф (масштабный отрезок – 0,3 мм); б – микрозернистый ХК цементирует призальбандовую корку кристаллов ГК; стрелка – расщепление наружной зоны роста кристалла ГК, (масштабный отрезок – 0,1 мм) / Figure 5. Relations between chalcedonic quartz and subhedral quartz.

ки были, вероятно, принесены растворами, поступавшими при образовании ХК (см. далее) с более глубоких горизонтов рудопроявления. Подобные густо насыщенные рудными минералами обломки наблюдаются также в ряде инъекционных кокардовых брекчий (подобных изображенной на рис. 4), где они, вместе с другими обломками, обрастают каймами гребенчатого кварца.

Условия образования разновидностей кварца и выводы

Известно, что формирование эпимерального оруденения рассма-

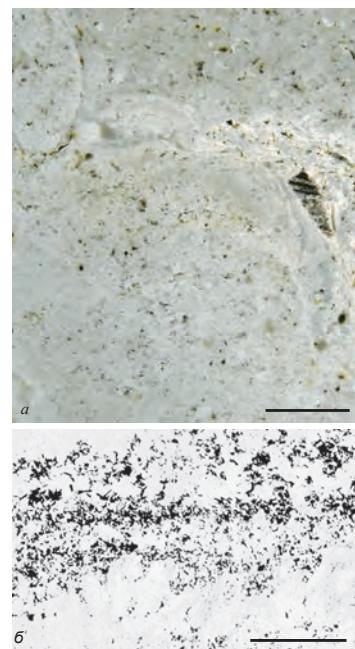


Рисунок 6. Кварц из тонкополосчатых жил с густой вкрапленностью рудных минералов: а – обломок (справа) между почковидными выделениями халцедоновидного кварца (пластина толщиной 1,5 мм), масштабный отрезок – 10 мм; б – кварц, густо насыщенный рудными минералами (черное), из другого подобного обломка (шлиф, без анализатора), масштабный отрезок – 0,5 мм / Figure 6. Quartz from the fine-banded veins with dense impregnation of ore minerals.

триваемого типа происходит в близповерхностных условиях (на глубинах до 1–2 км от поверхности), в верхних частях высокотемпературных гидротермальных систем [16, 17] – в условиях, сходных с наблюдаемыми в современных геотермальных областях. Воды, циркулирующие при формировании подобного эпимерального оруденения, являются преимущественно метеорными, хотя имеется также приток магматических флюидов. На глубине эти воды в большинстве случаев близки к насыщению кремнеземом до состояния равновесия с кварцем [5]; из растворенных газов они содержат преимущественно CO_2 .

Кварц в рассматриваемой эпимеральной обстановке отлагается из поднимающихся насыщенных кремнеземом растворов, температура которых по мере подъема понижается (в связи с кондуктивной потерей тепла и кипением, обусловленным падением давления при переходе растворов на малые глубины) [5]. О кипении растворов при образовании гребенчатого кварца свидетельствует, в частности, одновременное присутствие в нем первичных флюидных включений с разной степенью наполнения, а также двухфазных включений совместно с включениями с жидким CO_2 и с минералами-узниками [6]. «Неспокойный» рост гребенчатого кварца, проявляющийся, в частности, в периодическом захвате большого количества включений кристаллообразующих растворов и периодическом расщеплении индивидов гребенчатого кварца [8, 10], может быть связан с обычными в эпимеральных условиях резкими градиентами давления и температуры (нередко связанными с сейсмичностью и гидротермальными извержениями [16, 17]).

Халцедоновидный кварц образуется, по видимому, при более высоком пересыщении растворов кремнеземом по сравнению с гребенчатым кварцем [8]. По [5], высокое пересыщение кремнеземом в эпимеральной обстановке нередко свойственно быстро поднимающимся наиболее глубинным растворам, которые в силу достаточно высоких исходных температур наиболее сильно насыщаются кремнеземом в исходном резервуаре. Отлагавшийся ранее гребенчатый кварц кристаллизовался, вероятно, из растворов с более низкими концентрациями кремнезема, что могло быть обусловлено меньшими скоростями подъема этих растворов (при медленном подъеме в результате взаимодействия с вмещающими породами растворы несколько теряют первоначальную насыщенность кремнеземом) или же поступлением растворов с меньших глубин (где температуры ниже и растворы слабее насыщаются кремнеземом). Кроме того, колебания степени насыщения растворов кремнеземом могут быть связаны с изменением интенсивности кипения [9] (на кипение растворов при образовании халцедоновидного кварца указывает, в частности, присутствие в нем адуляра и кварцевых псевдоморфоз по пластинчатому кальциту [16]), а также, вероятно, и с другими причинами.

Кристаллизация мелкозернистого гипидиоморфного кварца могла происходить из приуроченных к более обширным площадям «квази-

стационарных» [17] относительно медленно текущих [16], слабее пересыщенных кремнеземом и менее кислых растворов (последнее отмечено ранее для гипидиоморфного кварца, развитого вблизи золото-серебряного рудопроявления Альфа в Куларском районе Восточной Якутии [13]). На рудопроявления Аид указанные условия, по-видимому, имели место, в частности, в периферических частях рудопроявления, в том числе в жилах, залегающих среди хлорит-кварцевых метасоматитов. Таким образом, переход от нерасщепленного мелкозернистого гипидиоморфного кварца к расщепленному гребенчатому, а затем к халцедоновидному кварцу можно связывать с увеличением скорости перемещения растворов [5, 16], возрастанием их кислотности и степени пересыщения кремнеземом [8, 13]. Крипто- и микрозернистый ГК₂, загрязненный минеральными примесями, отлагался, по-видимому, из растворов, захватывавших продукты тонкого измельчения пород в зонах разломов.

На эптермальных золото-серебряных месторождениях с увеличением глубины кварц-калиниловые метасоматиты обычно сменяются гидрослюдисто-кварцевыми и кварц-адуляровыми метасоматитами [18]. Исходя из этого, присутствие на данном рудопроявлении каолинитовых аргиллизитов можно рассматривать как указание на то, что в данном случае обнажается верхняя часть оруденелой зоны (заключение о незначительности эрозионного среза данного рудопроявления, основанное на характере минеральных ассоциаций рудных тел и метасоматитов, ранее также сделано в работе [3]). К выводу о малом эрозионном срезе можно прийти и на основании широкого распространения на рудопроявлении халцедоновидного кварца – по [18], отложение халцедоновидного кварца обычно происходит в верхних частях золото-серебряных месторождений. В качестве прямого признака наличия оруденения на нижележащих горизонтах рудопроявления можно, по-видимому, рассматривать отмеченное ранее присутствие в халцедоновидном кварце и инъекционных кокардовых брекчиях принесенных с некоторых глубин обломков тонкополосчатых кварцевых жил с густой вкрапленностью рудных минералов (рис. 6).

Автор благодарен Н. Г. Сапожниковой (УГГУ) за проведение рентгеноструктурных анализов.

ЛИТЕРАТУРА

- Гамянин Г. Н., Горячев Н. А., Бортников Н. С., Аникина Е. Ю. Типы серебряного оруденения Верхояно-Колымских мезозоид // Тихоокеанская геология. 2003. № 6. С. 113–126.
- Горячев Н. А., Гамянин Г. Н., Прокофьев В. Ю. и др. Серебро-сурьмяная минерализация Яно-Колымского пояса (Северо-Восток России) // Тихоокеанская геология. 2011. № 2. С. 12–26.
- Гамянин Г. Н. Типы золоторудных месторождений Восточной Якутии // Вопросы рудоносности Якутии. Якутск: Изд-во ЯФ СО АН СССР, 1974. С. 5–34.
- Калинин А. И., Ольшевский В. М., Костырко Н. А., Болдырев М. В. Инъекционные брекчи на близповерхностных месторождениях Северо-Востока СССР и их значение при локальном прогнозе // Тихоокеанская геология. 1986. № 1. С. 71–82.
- Fournier R. O. Silica minerals as indicators of conditions during gold deposition // U. S. Geological Survey Bulletin. 1985. № 1646. Р. 15–26.
- Суставов О. А. Серебряная минерализация и некоторые особенности жильного кварца (Тарынский субвулканический массив, Восточная Якутия) // Изв. вузов. Геология и разведка. 1990. № 1. С. 32–35.
- Русинов В. Л. Метасоматические процессы в вулканических толщах. М.: Наука, 1989. 214 с.
- Суставов О. А. Структуры кристаллизации кварца в жильных полостях / Урал. минералог. школа-2005. Екатеринбург: УГГУ, 2005. 93 с.
- Суставов О. А. Халцедон-кварцевая жила на эптермальном серебряном рудопроявлении Аид (Тарынский субвулканический массив, Восточная Якутия) / Урал. минералог. школа-2014. Екатеринбург: Ин-т геологии и геохимии УрО РАН, 2014. С. 235–239.
- Суставов О. А. Некоторые разновидности кварца эптермальных серебряных проявлений Тас-Кыстыбайского магматического комплекса (Якутия): строение агрегатов, ИК-спектры, рентгенолюминесценция // Изв. вузов. Геология и разведка. 2015. № 6. С. 45–49.
- Гамянин Г. Н. Минералог-генетические аспекты золотого оруденения Верхояно-Колымских мезозоид. М.: ГЕОС, 2002. 222 с.
- Суставов О. А. Катализ и пластическая деформация кварца на эптермальном серебряном рудопроявлении Аид (Тарынский субвулканический массив, Восточная Якутия) // Литосфера. 2015. № 3. С. 135–142.
- Суставов О. А. Расщепление кварца при формировании золото-серебряного оруденения в терригенных толщах (Восточная Якутия) // Докл. АН СССР. 1991. Т. 318, № 3. С. 717–720.
- Adams A. A microscopic study of vein quartz // Econ. Geol. 1920. Vol. 15, № 8. pp. 623–664.
- Малишевская А., Рыка В. Петрографический словарь. М.: Недра, 1989. 590 с.
- Simmons S. F., White N. C., John D. A. Geological characteristics of epithermal precious and base metal deposits // Econ. Geol. 2005. Vol. 100. P. 485–522.
- Rowland J. V., Simmons S. F. Hydrologic, magmatic, and tectonic controls on hydrothermal flow, Taupo volcanic zone, New Zealand: Implications for the formation of epithermal vein deposits // Econ. Geol. 2012. Vol. 107. pp. 427–457.
- Goncharov V. I., Sidorov A. A. Термобарогеохимия вулканогенного рудообразования. М.: Наука, 1979. 207 с.
- Тектоника, геодинамика и металлогенез территории Республики Саха (Якутия) / отв. ред. Л. М. Парфенов, М. И. Кузьмин. М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001. 571 с.

REFERENCES

- Gamyanin G. N., Goryachev N. A., Bortnikov N. S., Anikina E. Yu. 2003, *Tipy serebryanogo orudneniya Verkhoyano-Kolymskikh mezozoid* [Types of silver mineralization of Verkhoyansk-Colyma Mesozoid], *Tikhookeanskaya Geologiya* [Russian Journal of Pacific Geology], no. 6, pp. 113–126.
- Goryachev N. A., Gamyanin G. N., Prokof'ev V. Yu. et al. 2011, *Serebryano-sur'myanaya mineralizatsiya Yano-Kolymskogo poyasa (Cevero-Vostok Rossii)* [The silver-antimony mineralization of the Yana-Kolyma belt (Northeast Russia)], *Tikhookeanskaya Geologiya* [Russian Journal of Pacific Geology], no. 2, pp. 12–26.
- Gamyanin G. N. 1974, *Tipy zolotorudnykh mestorozhdeniy Vostochnoy Yakutii* [Types of gold deposits of Eastern Yakutia], *Voprosy rudenosnosti Yakutii* [Problems of Mineral Ore Resources of Yakutia], Yakutsk, pp. 5–34.
- Kalinin A. I., Ol'shevskiy V. M., Kostyrko N. A., Boldyrev M. V. 1986, *In'ektsionnye brekchii na blizpoverhnostnykh mestorozhdeniyakh Cevero-Vostoka SSSR i ikh znachenie pri lokal'nom prognoze* [Injection breccias on the near-surface deposits of North-East of the USSR and their importance in the local forecast], *Tikhookeanskaya Geologiya* [Russian Journal of Pacific Geology], no. 1, pp. 71–82.
- Fournier R. O. 1985, Silica minerals as indicators of conditions during gold deposition. US Geological Survey Bulletin, no. 1646, pp. 15–26.
- Sustavov O.A. 1990, *Serebryanaya mineralizatsiya i nekotorye osobennosti zhil'nogo kvartsa (Tarynskiy subvulkanicheskiy massiv, Vostochnaya Yakutiya)* [Silver mineralization and some features of vein quartz (Tarynsky subvolcanic massif, Eastern Yakutia)]. Izv. vuzov. *Geologiya i razvedka* [Proceedings of the Higher Schools. Geology and Exploration], no. 1, pp. 32–35.
- Rusinov V. L. 1989, *Metasomaticeskie protsessy v vulkanicheskikh tolshchakh* [Metasomatic processes in the volcanic strata], Moscow, 214 p.
- Sustavov O. A. 2005, *Strukturny kristallizatsii kvartsa v zhil'nykh polostyakh* [Structures of quartz crystallization in vein cavities], *Ural'skaya mineralogicheskaya shkola – 2005* [Ural Mineralogical School – 2005], Ekaterinburg, 93 p.
- Sustavov O. A. 2014, *Khaltsedon-kvartsevaya zhila na epitermal'nom serebryanom rudoproyavlenii Aid* (Tarynskiy subvulkanicheskiy massiv, Vostochnaya Yakutiya) [Chalcedonic quartz vein on the epitermal silver ore occurrence Aid]. *Ural'skaya mineralogicheskaya shkola – 2014* [Ural Mineralogical School – 2014], Ekaterinburg, pp. 235–239.
- Sustavov O. A. 2015, *Nekotorye raznovidnosti kvartsa epitermal'nykh serebryanykh poyavlenii Tas-Kystabyskogo magmaticheskogo kompleksa (Yakutia): stroyenie agregatov, IK-spektry, rentgenoluminestsentsiya* [Some varieties of quartz of epitermal silver occurrences of Tas-Kystabyt magmatic belt (Yakutia): textures, IR-spectra, X-ray luminescence]. Izv. vuzov. *Geologiya i razvedka* [Proceedings of the Higher Schools. Geology and Exploration], no. 6, pp. 45–49.
- Gamyanin G. N. 2002, *Mineralogo-geneticheskie aspekty zolotoy orudneniya Verkhoyano-Kolymskikh mezozoid* [Mineralogical and genetic aspects of the gold mineralization of the Verkhoyansk-Colyma Mesozoids], Moscow, 222 p.
- Sustavov O. A. 2015, *Kataklaz i plasticheskaya deformatsiya kvartsa na epitermal'nom serebryanom rudoproyavlenii Aid* (Tarynskiy subvulkanicheskiy massiv, Vostochnaya Yakutiya) [Cataclasis and plastic deformation of the quartz on silver epitermal ore occurrence Aid (Tarynsky subvolcanic massif, Eastern Yakutia)]. *Litosfera* [Lithosphere], no. 3, pp. 135–142.
- Sustavov O. A. 1991, *Rasscheplenie kvartsa pri formirovaniyu zoloto-serebryanogo orudeniya v terrigennykh tolshchakh (Vostochnaya Yakutiya)* [Splitting of quartz in the formation of gold-silver mineralization in clastic sequences (Eastern Yakutia)]. *Doklady AN SSSR* [Reports of the USSR Academy of Sciences], vol. 318, no. 3, pp. 717–720.
- Adams A. 1920, A microscopic study of vein quartz. *Economic Geology*, vol. 15, no. 8, pp. 623–664.
- 1989, *Petrograficheskiy slovar'* [Petrographic dictionary], Moscow, 590 p.
- Simmons S. F., White N. C., John D. A. 2005, Geological characteristics of epithermal precious and base metal deposits. *Economic Geology*, vol. 100, pp. 485–522.
- Rowland J. V., Simmons S. F. 2012, Hydrologic, magmatic, and tectonic controls on hydrothermal flow, Taupo volcanic zone, New Zealand: Implications for the formation of epithermal vein deposits. *Economic Geology*, vol. 107, pp. 427–457.
- Goncharov V. I., Sidorov A. A. 1979, *Termobarogeokhimiya vulkanogenno-go rudoobrazovaniya* [Thermobarogeochimistry of volcanogenic mineralization], Moscow, 207 p.
- 2001, *Tektonika, geodinamika i metallogeniya territorii respubliki Sakha (Yakutiya)* [Tectonics, geodynamics and metallogeny of the territory of the Republic of Sakha (Yakutia)], Moscow, 571 p.

Олег Анатольевич Суставов,
olsustavov@mail.ru
Уральский государственный горный университет
Россия, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

Суставов О. А. Микроструктуры жильного кварца эптермального серебряного рудопроявления Аид (Тарынский субвулканический массив, Восточная Якутия) // Известия УГГУ. 2016. Вып. 3(43). С. 50–53. DOI 10.21440/2307-2091-2016-3-50-53

МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ НА РЕДКОМЕТАЛЛЬНОЕ И САМОЦВЕТНОЕ ОРУДЕНЕНИЕ НА ТЕРРИТОРИИ МУРЗИНСКО-АДУЙСКОЙ БЕРИЛЛИЕВОЙ (САМОЦВЕТНОЙ) СУБПРОВИНЦИИ

М. П. Попов

Рассмотрены вопросы выделения минералогических признаков на редкометальное и самоцветное оруденение на территории Мурзинско-Адуйской бериллиевой (самоцветной) субпровинции, которая входит в состав Мурзинско-Адамовско-Мугоджарской редкометальной зоны. Бериллиевая специализация субпровинции обусловлена широким развитием коллизионных гранитов (возраст которых 300–260 млн лет), обогащенных бериллием, tantalом, литием, цезием, вольфрамом. Бериллиевая минерализация на изучаемых объектах приурочена к апогипербазитовым или апобазитовым слюдитам, которые залегают вдоль восточного контакта Мурзинского (Глинское и Верхне-Сусанское месторождения), Адуйского (месторождения и проявления Уральской Изумрудноносной полосы) и Каменского (Копи Кузнецова, Каменское) верхнепалеозойских гранитных массивов. На стадии общих поисков большой интерес приобретают минералы-индикаторы рудоносности. Данные вопросы детально рассмотрены в поисковой минералогии, их исследования направлены на разработку минералогических критерий поиска минеральных месторождений. По результатам работ установлены минералогические признаки и закономерности, по которым возможны поиски на редкометальное и самоцветное оруденение: прямыми поисковыми минералогическими признаками на территории Мурзинско-Адуйской бериллиеносной (самоцветной) субпровинции являются находки первичных бериллиевых минералов (берилл, изумруд, хризоберилл, александрит, фенакит, эвкалаз) и находки слюдитовых жил и комплексов, преимущественно флогопитового состава; косвенными минералогическими признаками являются находки вторичных бериллиевых минералов (бавенит, берtrandит, Ве-маргарит, эвкалаз); флюориты розового и фиолетового цветов, встреченные в слюдитовых комплексах в пределах Мурзинско-Адуйской самоцветной субпровинции, могут считаться прямыми минералогическими признаками на самоцветную минерализацию (изумруд, хризоберилл, александрит); положительные аномалии по европию во флюоритах при поисковых работах могут рассматриваться как косвенный минералогический признак на рудную берилловую минерализацию; высокие положительные аномалии на BeO, обнаруженные с помощью гамма-нейтронных и фото-нейтронных методов на стадии эксплуатационной разведки, необходимо проверять минералогическими методами (визуальный контроль, рентгеноструктурный анализ) на предмет наличия вторичных минералов бериллия (бавенит, берtrandит) или минералов группы хрупких слюд биттиит-Ве-маргарит.

Ключевые слова: Урал; редкометальные месторождения; изумруд; берилл; александрит; самоцветы.

B ведение

Мурзинско-Адуйская бериллиевая (самоцветная) субпровинция входит в состав Восточно-Уральской редкометальной провинции, которая охватывает экзоконтактовые зоны крупных батолитов позднепалеозойских гранитов Восточно-Уральского поднятия [1]. Её бериллиевая специализация обусловлена широким развитием коллизионных гранитов (возраст которых 300–260 млн лет), обогащенных бериллием, tantalом, литием, цезием, вольфрамом [2]. Месторождения и проявления самоцветов на территории Мурзинско-Адуйской бериллиевой (самоцветной) субпровинции описаны в работах Г. Н. Вертушкова (1932), М. Б. Аринштейна (1983), А. С. Таланцева (1988), Э. Ф. Емлина (2002) и др.

Уральская изумрудноносная полоса (УИП) расположена на восточном склоне Среднего Урала, в Асбестовском районе Свердловской области. Эти месторождения разрабатывались почти непрерывно, начиная с 1831 г. В период после Великой Отечественной войны и до открытия на Дальнем Востоке крупных гидротермальных месторождений бериллия Изумрудные Копи Урала служили одним из основных источников этого стратегического сырья в СССР. В последнее время русские изумруды все чаще стали появляться в ювелирных изделиях. В связи с этим проблема обнаружения новых источников ювелирного изумрудного и другого самоцветного бериллиевого сырья на Среднем Урале вновь стала актуальной, и, в частности, возродилась идея о продолжении изумрудноносной полосы Урала к северу и югу от известных месторождений Изумрудных копей.

Уральская изумрудноносная полоса, входящая в состав Мурзинско-Адуйской бериллиевой (самоцветной) субпровинции, являются всемирно известным рудным районом, в котором расположены крупнейшие в России месторождения бериллиевых руд и ювелирных камней: изумруда, александрита и фенакита. Наряду с промышленно-экономическим значением Уральских Изумрудных копей как единственного в России поставщика изумрудов и александритов, они играют большую роль в качестве источника разнообразных минеральных образцов для тематических коллекций, которые имеют повышенный спрос у коллекционеров, учебных заведений и музеев мира.

Геологическое строение

Мурзинско-Адуйская самоцветная субпровинция занимает восточную и юго-восточную часть Восточно-Уральской мегазоны. Бериллиевая минерализация на изучаемых объектах приурочена к апогипербазитовым или апобазитовым слюдитам, которые залегают вдоль восточного контакта Мурзинского (Глинское и Верхне-Сусанское месторождения), Адуйского (месторождения и проявления Уральской изумрудноносной полосы) и Каменского (Заречное, Каменское) верхнепалеозойских гранитных массивов (рис. 1).

Тектоническая обстановка района УИП характеризуется обилием разновозрастных и различного порядка структур растяжения и сжатия, мощными зонами смятия и блоковым строением. Вдоль восточного контакта Мурзинско-Адуйского антиклиниория проходит глубинный Сусанский разлом субмеридионального простирания, по которому Мурзинско-Адуйский антиклиниорий граничит с Алапаевско-Режевской структурой [1]. Разлом оперяется разрывными нарушениями северо-западного простирания (азимут 304°), которые нарушаются системами более молодых субширотных трещин, имеющих обычно пологое падение по азимуту ССЗ-304° [3]. Их заложение происходило на поздних этапах формирования гранитных массивов. Северо-западные разломы относятся к сколовому типу, они выдержаны по падению. Субширотные трещины принадлежат к трещинам растяжения, и протяженность их невелика, но в соответствии с планом тектонических деформаций они приоткрывались чаще, чем северо-западные [4].

Для района УИП характерна метаморфическая зональность от высоких степеней амфиболитовой фации до слабометаморфизованных пород зеленосланцевой фации. Под влиянием пневматолито-гидротермальных процессов, связанных с гранитной интрузией, в различной степени претерпел метасоматические изменения весь комплекс пород месторождений и всего района. Наиболее полное развитие приобретает щелочная (калиевый) метасоматоз, в процессе которого почти все породы подвержены в той или иной степени флогопитизации. В контактовых зонах гранитов совместно с амфиболитами формируются биотитовые оторочки, идет образование актинолита, tremolita и альбитизация калиевого полевого шпата (микроклина), углисто-кремнистые сланцы графитизируются. В ультраосновных породах развиваются процессы оталькования и карбонатизации, связанные с воздействием на эти породы гидротерм с привносом CO₂ [5].

На месторождении Глинское и проявлении Верхне-Сусанское бериллиевая минерализация локализована среди линзовидных тел, представленных тальк-актинолитовыми, тальк-тремолитовыми, тальк-карбонатными сланцами. Тальковые породы рассечены жилами слюдитов и пегматоидов. Слюдиты в основном состоят из флогопита (90–100 %), мусковит занимает до 5 % от объема породы, акцессорные минералы представлены бериллом, турмалином, хризобериллом, корундом, апатитом, флюоритом, реликтами хромшипелидов, цирконом. Пегматоиды представлены турмалин-мусковит-полевошпат-кварцевыми жилами. Кристаллы берилла встречаются на контактах жил пегматоидов со слюдитами, хризоберилл обнаружен в слюдитах.

Изумрудно-берилловые и александрит-хризоберилл-фенакитовые месторождения и проявления УИП расположены в метаморфогенной толще, состоящей из амфиболитов, тальк-актинолитовых и талько-вым сланцев. Среди вмещающих толщ встречаются будины пород ультраосновного состава. Гипербазиты рассечены слюдитовыми жилами, содержащими изумрудную и александрит-хризоберилл-фенакитовую минерализацию. Слюдиты сложены в основном флогопитом, а также переменными количествами турмалина, талька, плагиоклаза, амфибила тремолит-актинолитового ряда, апатита и флюорита.

Проявление зеленого берилла Заречное локализовано в зоне интенсивно метаморфизованных и гидротермально проработанных пород, представленных хлоритовыми, серицит-хлоритовыми, серицит-флогопит-хлоритовыми и другими сланцами. В восточном направлении эта зона постепенно переходит в хлорит-полевошпатовые метасланцы, которые в северной части участка прорваны телом меланократовых амфиболовых габбро. С запада жильная зона ограничена полосой выходов лейкократовых двуслюдянных гнейсовидных гранитов. Берилловая минерализация установлена в серицит-флогопит-хлоритовых и кварц-полевошпатовых жилах.

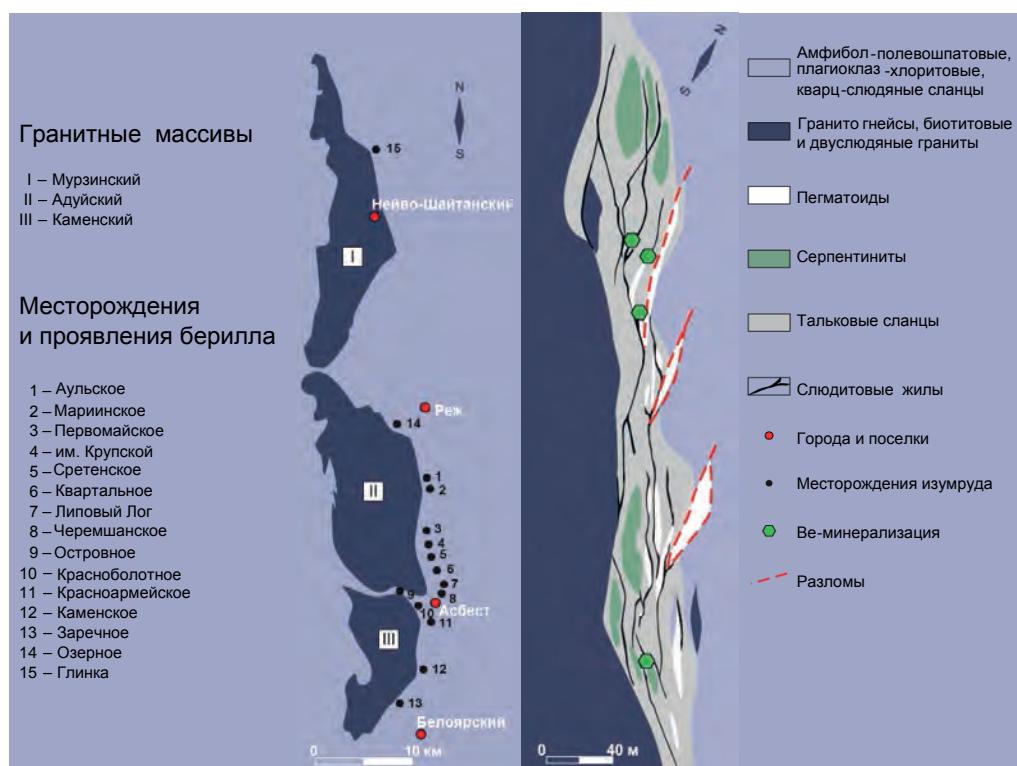


Рисунок 1. Схема размещения месторождений и проявлений берилла и самоцветов (изумруд, александрит) в пределах Мурзинско-Адыуской самоцветной субпровинции.

Материалы и методы исследования

В основу работы положены материалы, собранные автором в полевые сезоны с 1998 по 2012 г. на месторождениях и проявлениях УИП. Большинство материала собрано при изучении минералогии Мариинского месторождения.

Изучение онтогенеза минералов и их взаимоотношений проводилось визуально, при помощи бинокулы МБС-10 и с помощью сканирующего микроскопа JCXA-733 Superprobe. Исследование проводилось в Институте минералогии УрО РАН, г. Миасс (аналитик Л. А. Паутов). Все онтогенические особенности и взаимоотношения минералов фиксировалось фотографированием.

Рентгеноструктурный анализ состоял из получения дифракционной картины минералов и её идентификации с эталонными значениями. Дифракционная картина получалась в зависимости от количества изучаемого материала фотометодом или дифрактометрически. Для фотометода препарат готовился в виде шарика из порошка минерала. Съемка проводилась на FeKa-излучении, аппарат УРС-2.0, в камере РКД-57,3 мм (аналитик С. Г. Суставов, УГГУ). При этом точность определения положения линий на дебаеграмме оценивалась +0,15мм. Закладка пленки проводилась асимметричным способом. При наличии относительно большого количества материала (3–5 мг и более) рентгеновское исследование проводилось на аппарате ДРОН-2.0, на CuKa-излучении с графитовым монохроматором (аналитики Н. Г. Сапожникова (УГГУ) и Л. А. Паутов (Музей А. Е. Ферсмана РАН)). Идентификация порошковых проб проводилась по программе X-RAY на персональном компьютере. В некоторых случаях определение минералов проводилось способом сравнения с эталонными рентгенограммами.

Для изучения микроэлементного состава флюорита было отобрано восемь монофракций минерала разной цветности (бесцветный, голубой, зеленый, светло-коричневый, темно-коричневый, коричнево-фиолетовый и фиолетовый) из различных зон Мариинского месторождения. Разложение монофракций и их анализ на масс-спектрометре Element2 проводился аналитической группой Ю. Л. Ронкина (Ин-т геологии и геохимии УрО РАН).

Результаты исследований

В результате изучения александритоносных слюдитов установлены прямые минералогические признаки [6]. Данные образования с хризобериллом и фенакитом отличаются от изумрудоносных слюдитов составом, цветом и неоднородностью. Они образуют флогопитовые и флогопит-хлоритовые жилы зеленовато-серого и зеленовато-бурого цвета, в которых содержание хлорита варьирует от 10–30 % до 70–90 %. Слюдиты более плотные, параллельночешуйчатые, но слабо рассланцованные и менее гоффрированы, чем изумрудоносные.

Минеральные ассоциации, являющиеся прямыми поисковыми признаками, для изумрудоносных слюдитов преимущественно состоят из изумруда, берилла, плагиоклаза, флюорита. Для александритоносных слюдитов в основном характерны следующие ассоциации: александрит, хризоберилл, фенакит, маргарит, турмалин (дравит) [6].

По опыту изучения автором позднебериллиевой минерализации [7] в качестве прямых поисковых признаков на берилловую и самоцветную минерализацию являются находки вторичных минералов берилла (бавенит, берtrandит) или минералов группы хрупких слюд (битит–Вемаргарит). Под микроскопом видно, как по продольным, диагональным, реже поперечным трещинам в берилле развивается бавенит. Кроме того, он нарастает на грани берилла. На более поздних стадиях гидротермального процесса минерал замещается берtrandитом. Автором установлено, что на бавенит нарастают бехоит и клинобехоит. По времени выделения бавенит более поздний, чем все минералы, ассоциирующие с ним, за исключением позднего хлорита, эпидота, анальцима.

На Мариинском месторождении автором описаны следующие цветовые разности флюорита: коричневый, бесцветный, зеленый, голубой, розовый и фиолетовый. Среди всей этой группы выделяются две главные цветовые разности флюорита (розовая и фиолетовая), которые могут служить прямым поисковым признаком на рудную бериллиевую минерализацию (берилл, изумруд, александрит), причем обе склонны к быстрому обесцвечиванию, вплоть до серой окраски на дневной поверхности. Розовый флюорит чаще всего встречается в богатых бериллом и мощных кварц-плагиоклазовых жилах, прожилково-метасоматических зонах Северного и Центрального участков Мариинского месторождения. Он практически отсутствует на Южном фланге месторождения (даже в богатых жилах) и почти не встречается в мелких бедных жилах и зонах. Фиолетовый флюорит всегда ассоциируется с флогопитом и маргаритом. Чаще всего он «запечатывает» (рис. 2, 3) хромсодержащую минеральную ассоциацию (изумруд, александрит). Все остальные цветовые разности напрямую не связаны с основной рудной минерализацией, так как образовались позже и входят в состав поздней минерализации.

Флюориты Мариинского месторождения имеют ряд характерных и отличительных признаков по микроэлементному составу. При этом для всех типов флюорита типоморфным признаком является обогащенность минерала элементами базит-гипербазитовой формации (к примеру, количество хрома варьирует от 262 до 317 г/т, причем независимо от цветности минерала), таблица. По всей видимости, это связано с тем, что на заключительной стадии формирования всех минеральных парагенезисов в процессе кристаллизации стали участвовать флюиды из вмещающих пород, которые в основном представлены серпентинитами и апо-гипербазитовыми метасоматитами. В данном случае галогенид кальция



Рисунок 2. Кристаллы хризоберилла (зеленый) во флюорите (фиолетовый).

формируется непосредственно в матрице апогипербазитового субстрата и имеет микроэлементный состав, характерный для многих серпентинитов [8].

По распределению лантаноидов разноцветные флюориты Мариинского месторождения можно условно разделить на три типа: с высоким, промежуточным и низким содержанием РЗЭ (рис. 4). В первый тип попадают зеленый флюорит и все коричневые разности. Они характеризуются плавным падением РЗЭ (от тяжелых к легким элементам) и присутствием слабой положительной аномалии по европию. Концентрация лантаноидов в них варьирует от 82 до 116 г/т. Отношение La/Yb равно 0,34–0,54. Подобные значения типичны для флюоритов из гранитных пегматитов (0,8) и кислых пород (0,3) [8]. Во второй тип попадают бесцветный и голубой флюориты, они характеризуются резким падением РЗЭ (от тяжелых к легким элементам). Причем у бесцветной разности наблюдается сильная отрицательная аномалия по европию, а у голубой никаких аномалий не отмечается. Отношение La/Yb равно 0,03–0,07. Концентрация лантаноидов в них варьирует от 14 до 21 г/т. Возможно, первый и второй типы флюорита являются просто разными генерациями, сформированными на одном и том же субстрате пород, из-за чего конфигурация трендов распределения РЗЭ очень сходна и отличается только концентрацией редких земель. Так, первый тип флюорита завершал формирование пегматитовых тел, а второй тип уже запечатывал кварц-плагиоклазовые жилы, которые образовались за счет альбитизации первых пород [8].

К третьему типу относится фиолетовый флюорит. Он отличается крайне низким содержанием РЗЭ (не более 5 г/т). При этом флюорит характеризуется плавным нарастанием от тяжелых к легким элементам и присутствием резкой положительной аномалии по европию. Отношение La/Yb является 10,2. Интересно, что подобное высокое отношение характерно для сиенитовых пегматитов и щелочных пород, возможно, это



Рисунок 3. Выделения фиолетового флюорита среди зеленых кристаллов берилла.

связано с появлением щелочной обстановки во время кристаллизации фиолетового флюорита. Распределения РЗЭ аналогичного третьему типу флюорита в литературе не описано, хотя оно сильно напоминает тренды лантаноидов из базеновских апогарцбургитовых серпентинитов [8].

Обсуждение

На ранней стадии выявления и характеристики самоцветной и редкометалльной бериллиевой минерализации имеют большой значимость использование минералогических признаков. На стадии общих поисков, по результатам ранних работ большой интерес приобретают минералы-индикаторы рудоносности. Данные вопросы детально рассмотрены в поисковой минералогии, их исследования направлены на разработку минералогических критерии поиска минеральных месторождений. Выделяют следующие минералогические поисковые признаки: устойчивые ассоциации минералов; «запрещенные» сочетания минералов; минералы-индикаторы руды или определенного процесса; морфологические особенности минералов [9]. Минералогические признаки в совокупности с геолого-geoхимическими элементами таких моделей позволяют судить о формировании принадлежности оруденения, стадийности его образования, о наличии богатых или бедных руд.

Прямые минералы-индикаторы связаны с природой самих минеральных тел и околоврудных ореолов, *косвенные* – со средой рудообразования. По теории, предложенной Н. П. Юшкиным, минералы-индикаторы по поисковым функциям подразделяются на три категории [10]:

– полезные (рудные) минералы относятся к прямым индикаторам рудоносности, имеют наибольшее поисковое значение и служат надежным ориентиром для проведения поисковых работ одним из методов для определения ореола развития полезного ископаемого (валунный, обломочный, шлиховой). Нахodka таких минералов обязательно должны документироваться. На территории Мурзинско-Адуйской бериллиенской субпровинции таковыми являются берилл, хризоберилл, изумруд, александрит, фенакит;

– минералы, родственные полезным минералам, т. е. находящиеся с последними в тесном генетическом родстве. Например, флогопит, плагиоклаз, хлорит или вторичные минералы берилля – бавенит, берtrandит;

– минералы, ассоциирующиеся с полезными минералами (минералы-спутники), которые используются для поисковых целей и являются важнейшими поисковыми индикаторами. Минералы-спутники могут быть различны по своей природе и по своему поисковому значению. На территории субпровинции это флюорит, апатит, тальк, маргарит.

Обоснование каждого нового минералогического индикатора равнозначно разработке нового поискового метода. Кроме высокой информативности к ним предъявляются требования максимальной универсальности, возможности получения экспрессными методами, обеспечивающими массовые измерения индикаторных параметров минералов [10].

Условия рудоотложения находят свое отражение в образовании определенных, естественных минеральных ассоциаций, характерных для данной обстановки минералов-индикаторов, которые дают полезную информацию о процессах формирования рудных тел. Ранее на месторождениях и проявлениях Уральской изумрудноносной полосы О. Е. Чижик и З. В. Лекух по значимости выделили следующие группы минералогических признаков [11].

Первая группа признаков включает состав породообразующих минералов в слюдитовых жилах. Это флогопит (более 90 %), а в качестве примесей присутствуют тальк, актинолит и хлорит (до 10–50 %).

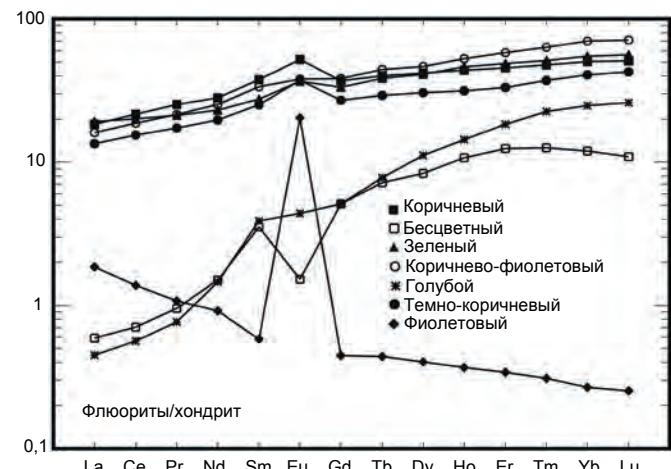


Рисунок 4. Распределение нормированных по хондриту редкometалльных элементов во флюоритах Мариинского месторождения.

Микроэлементный состав флюоритов из Мариинского месторождения, г/т.

Элемент	Цветность минерала						
	Бесцветный	Коричневый	Зеленый	Голубой	Фиолетовый	Коричнево-фиолетовый	Темно-коричневый
Li	0,08	0,14	0,49	0,02	0,04	0,06	0,12
Be	1,94	1,97	1,78	1,77	1,86	2,23	2,04
P	178,00	171,00	171,00	153,00	142,00	177,00	163,00
Sc	1,56	1,51	1,48	1,38	1,35	1,51	1,47
Ti	83,90	15,50	10,50	8,67	4,93	7,47	8,88
V	72,80	81,70	89,30	70,00	73,20	69,20	75,50
Cr	295,00	317,00	312,00	262,00	265,00	287,00	316,00
Mn	10,20	76,20	10,50	2,13	1,09	36,30	38,70
Co	4,86	4,86	5,41	4,09	3,92	4,54	4,51
Ni	80,90	82,00	96,10	71,70	68,00	79,10	78,60
Cu	0,93	0,53	0,64	0,26	0,29	0,53	0,73
Zn	2,16	1,22	1,28	0,98	1,07	1,24	1,15
Ga	0,30	0,13	0,20	0,09	0,08	0,12	0,13
Ge	2,07	2,38	2,43	2,18	2,22	1,68	1,95
As	11,90	13,20	13,00	10,30	10,50	11,60	12,40
Rb	0,41	0,17	3,86	0,08	0,14	0,10	0,14
Sr	157,00	689,00	338,00	59,30	58,40	575,00	592,00
Y	96,60	151,00	212,00	94,00	2,11	248,00	98,80
Zr	1,87	0,30	0,17	0,16	0,10	0,14	0,11
Nb	0,20	0,05	0,10	0,03	0,02	0,03	0,04
Mo	0,98	0,30	0,55	0,13	0,45	0,51	0,22
Sn	0,39	0,33	0,43	0,36	0,32	0,35	0,36
Sb	0,03	0,02	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01
Te	0,03	0,04	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03
I	0,56	0,57	0,59	0,55	0,52	0,55	0,55
Cs	0,04	0,03	0,18	0,01	0,05	0,01	0,04
Ba	5,67	1,54	1,69	0,90	0,56	0,88	1,09
La	0,19	6,04	6,33	0,15	0,61	5,28	4,43
Ce	0,61	18,70	17,37	0,49	1,19	16,20	13,39
Pr	0,12	3,28	2,76	0,10	0,14	2,80	2,25
Nd	0,95	17,70	14,50	0,92	0,58	15,90	12,40
Sm	0,72	7,63	5,60	0,79	0,12	6,82	5,10
Eu	0,12	4,02	2,82	0,34	1,57	2,93	2,87
Gd	1,41	10,19	9,21	1,41	0,12	10,57	7,47
Tb	0,36	1,99	1,92	0,39	0,02	2,22	1,46
Dy	2,86	14,40	14,10	3,83	0,14	16,00	10,50
Ho	0,83	3,38	3,57	1,11	0,03	4,06	2,43
Er	2,80	10,30	11,00	4,13	0,08	13,10	7,48
Tm	0,44	1,68	1,80	0,79	0,01	2,24	1,31
Yb	2,63	11,1	12,1	5,46	0,06	15,4	8,97
Lu	0,37	1,73	1,90	0,88	0,01	2,42	1,45
Hf	0,08	0,17	0,17	0,06	—	0,18	0,11
Ta	0,02	0,05	0,06	0,02	0,01	0,06	0,03
W	3,16	0,80	0,76	0,12	0,07	0,66	0,81
Re	0,05	0,03	0,04	0,02	—	0,04	0,02
Hg	0,16	0,05	0,04	0,01	0,01	0,03	0,04
Pb	0,55	1,01	4,85	0,08	0,72	0,16	0,16
Bi	0,02	0,02	0,02	0,01	0,04	0,01	0,03
Th	0,08	0,17	0,03	0,01	0,02	0,10	0,12
U	0,02	0,06	0,04	0,01	0,03	0,04	0,05

Положительным вторичным признаком на самоцветное и редкометалльное сырье в пределах Мурзинско-Адуйской бериллиево-субпровинции является находка слюдитов преимущественно флогопитового состава.

Вторая группа признаков, которые могут рассматриваться как прямой поисковый признак, – это наличие в слюдитах одного из минералов берилля (берилла, изумруда, хризоберилла, фенакита).

В работе [12] при описании локальных поисковых признаков и критериев для месторождений ювелирного берилла в качестве прямых минерало-петрографических признаков приводятся находки бериллов, окрашенных в изумрудно-зеленый цвет, независимо от размеров,

прозрачности и совершенства кристаллов (для изумрудов). Ккосвенным минералогическим признакам относятся находки минералов-спутников той или иной ювелирной разновидности берилла (включая изумруды), хорошо описанных в научной литературе. К минерало-петрографическому признаку на месторождения изумруды относится наличие слюдитовых зон и жил существенно (более 90 %) флогопитового состава с примесью талька, актинолита и хлорита, содержащих фенакит, хризоберилл, Ве-маргарит [12, 13].

Ранее рассматривались минералогические признаки изумрудоносности рудных тел на Мариинском месторождении, основанные на вари-

ациях свойств Ca-содержащих минералов (апатит, плагиоклаз, флюорит) [14, 15].

Косвенно о наличии рудной (полезной) бериллиевой минерализации свидетельствуют повышенные значения BeO во вмещающих породах, фиксируемые химико-аналитическими методами или гамма-нейтронным и фотонейтронным методами. Поэтому на ранних стадиях поисковых работ на редкометалльную и самоцветную минерализацию используют специальные геофизические приборы – бериллометры. Они обнаруживают бериллий с помощью облучения пород радиоактивными изотопами с последующей регистрацией вторичного излучения. На более поздних стадиях разведки (эксплуатационная, опережающая) и геологоразведочных работ, начиная с детальных поисков, показания бериллометров необходимо проверять или дополнять минералогическими исследованиями (визуальная диагностика, рентгеноструктурный анализ). По опыту работ автора на Мариинском месторождении, некоторые аномалии BeO были связаны в большой степени с развитием позднебериллиевой минерализации, тогда как основная рудная минерализация (берилл, изумруд) находилась в стороне [7]. Часто это наблюдалось в тектонически ослабленных зонах.

На месторождениях слюдитового типа, расположенных за пределами России, в качестве минералогических признаков на камнесамоцветную минерализацию используют следующие ассоциации минералов:

- изменение составов турмалина (равита) как индикатора изумрудной минерализации на территории Юкон (Канада) [16];
- кварц-турмалиновая минерализация во флогопитовых сланцах как индикатор изумрудоносности на месторождении Kafubu (Замбия) [17, 18];

– находки Ni-Cr содержащего мусковита и турмалина используются как поисковые признаки при геологоразведочных работах на изумрудную минерализацию на месторождении Swat (Пакистан) [19];

– на некоторых месторождениях Мадагаскара изумрудная минерализация встречается на контакте гранитных пегматитов с ультраосновными породами, где в качестве продуктивных признаков на изумрудную минерализацию описаны хлорит, флогопит, трепеллит и плагиоклазы [20].

В качестве косвенного признака на поиски редкометалльного и самоцветного бериллиевого оруденения в слюдитах на территории Мурзинско-Адуйской бериллиеносной (самоцветной) субпровинции можно использовать отличительную особенность фиолетового флюорита – крайне низкое содержание РЭЭ (не более 5 г/т). При этом флюорит характеризуется плавным нарастанием от тяжелых к легким элементам и присутствием резкой положительной аномалии по европию (рис. 4). Этим он сильно выделяется среди всех цветовых разностей, встречающихся на Мариинском месторождении [8].

Выводы

Прямыми поисковыми минералогическими признаками на территории Мурзинско-Адуйской бериллиеносной (самоцветной) субпровинции являются находки первичных бериллиевых минералов (берилл, изумруд, хризоберилл, александрит, фенакит, эвкалаз).

Важными прямыми минералогическими признаками на редкометалльное и самоцветное бериллиевое оруденение являются находки вторичных бериллиевых минералов (бавенит, берtrandит, Be-маргарит, эвкалаз).

Косвенными минералогическими признаками на территории провинции должны считаться находки слюдитовых жил и комплексов преимущественно флогопитового состава.

Флюориты розового и фиолетового цветов, встреченные в слюдитовых жилах в пределах Мурзинско-Адуйской самоцветной субпровинции, могут считаться прямым минералогическим признаком на самоцветную минерализацию (изумруд, хризоберилл, александрит).

Высокие положительные аномалии на BeO, обнаруженные с помощью гамма-нейтронных и фотонейтронных методов на стадии рудной разведки, необходимо проверять минералогическими методами (визу-

альный контроль, рентгеноструктурный анализ) на предмет наличия вторичных минералов берилля (бавенит, берtrandит) или минералов группы хрупких слюд (биттийт-Be-маргарит).

ЛИТЕРАТУРА

1. Золоев К. К., Левин В. Я., Мормиль С. И. Минерагения и месторождения редких металлов, молибдена и вольфрама Урала. Екатеринбург: Минприроды ресурсов РФ, ГУПР по Свердловской области, ИГГ УрО РАН, ОАО УГСЭ. 2004. 436 с.
2. Ферштатер Г. Б. Гранитоидный магматизм и формирование континентальной земной коры в ходе развития Уральского орогена // Литосфера. 2001. № 1. С. 62–85.
3. Куприянова И. И. О генезисе Малышевского бериллий-изумрудного месторождения (Средний Урал, Россия) // Геология рудных месторождений. 2002. № 4. С. 314–330.
4. Золотухин Ф. Ф. Мариинское (Малышевское) месторождение изумрудов, Средний Урал. Асбест; Екатеринбург; Санкт-Петербург, 1996. 70 с.
5. Отчет Малышевской геолого-съемочной партии за 1983–1989 годы / И. Н. Мамаев [и др.]. Свердловск: ПО «Уралгеология», 1989. Кн. III. 404 с.
6. Попов М. П. Уральская хризоберилл-изумрудоносная провинция // Фундаментальные и прикладные науки сегодня: материалы II междунар. науч.-практ. конф. (декабрь 2013) М., 2013. С. 15–20.
7. Попов М. П. Позднебериллиевая минерализация как источник ограночно-коллекционного сырья (Мариинское месторождение, Уральские Изумрудные копи), автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Екатеринбург. 1999. 35 с.
8. Попов М. П., Ерохин Ю. В. Типоморфные особенности флюорита Мариинского месторождения берилля (Уральские Изумрудные копи). Литосфера. 2010. № 4. С. 157–162.
9. Булах А. Г. Общая минералогия. 3-е изд. СПб.: Изд-во СПб. ун-та, 2002. 356 с.
10. Юшкин Н. П. Основные принципы поисково-оценочной минералогии // Докл. сов. геологов на XXVIII сессии Междунар. геол. конгресса (Вашингтон, июль 1989). М.: Наука, 1989. С. 158–163.
11. Чижик О. Е., Лекух З. В. О генезисе изумрудов в месторождениях слюдитового типа // Драгоценные и цветные камни. М.: Наука, 1980. С. 158–174.
12. Кисин А. Ю., М. П. Попов М. П., Комащенко С. В. Специфика месторождений ювелирного берилла как основа прогнозно-поискового поиска // Литосфера. 2011. № 5. С. 96–104.
13. Laskovenkov A. F., Zhemtakov V. I. An update on the Ural Emerald Mines // Gems & Gemology. 1995. Vol. 31, № 2. P. 106–113.
14. Куприянова И. И., Кукушина О. А., Грязнов Ю. А., Новикова М. И., Кувшинова К. А., Ляпунов С. М. Сопряженность свойств парагенных кальций-содержащих минералов бериллиевых месторождений и их типоморфное значение // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1990. № 9. С. 71–81.
15. Куприянова И. И., Морошкин В. В. О возможности использования люминесцентных свойств плагиоклаза и апатита как признаков изумрудоносности // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1987. № 9. С. 84–90.
16. Galbraith C. G., Clarke D. B., Trumbull R. B., Wiedenbeck M. Assessment of tourmaline compositions as an indicator of emerald mineralization at the Tsa da Gisza Prospect, Yukon Territory, Canada // Economic Geology. 2009. Vol. 104, № 5. P. 713–731.
17. Zwaan J. C., Seifert A., Vrána S., Laurs B. M., Anckar B., Simmons W. B., Falster A. U., Lustenhouwer W. J., Muhlmeister S., Koivula J. I., Garcia-Guillerminet H. Emeralds from the Kafubu area, Zambia // Gems and Gemology. 2005. № 41. pp. 116–148.
18. Seifert A. V., Žáček V., Vrána S., Pecina V., Zachariáš J., Zwaan J. C. Emerald mineralization in the Kafubu area, Zambia // Bulletin of Geosciences. 2004. № 79. pp. 1–40.
19. Arif M., Fallieck A. E., Moon A. E. The genesis of emeralds and their host rocks from Swat, northwestern Pakistan: a stable-isotope investigation // Mineralium Deposita. 1996. № 31. pp. 255–268.
20. Cheilletz A., Sabot B., Marchand P., De Donato P., Taylor B., Archibald D., Barres O., Andrianjaffy J. Emerald deposits in Madagascar: two different types for one mineralizing event. European Union of Geosciences // Journal of Conference Abstracts. 2001. № 6. 547 c.

Михаил Петрович Попов,
porovm1@yandex.ru
Уральский государственный горный университет
Россия, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

Mineralogical signs of rare-metal and semi-precious ore mineralization in the Murzinskaya-Aduyskaya beryllium (gemstone) subprovince

M. P. Popov

The paper considers problems of establishing mineralogical signs of rare-metal and semi-precious ore mineralization in the territory of Murzinskaya-Aduyskaya beryllium (gemstone) subprovince, which is part of Murzinsko-Adamovsko-Mugodzharskaya rare-metal zone. Beryllium specialization of subprovince is caused by the extensive development of 260–300 mln years old collisional granites enriched with beryllium, tantalum, lithium, cesium, tungsten. Beryllium mineralization on the studied objects is timed to Apo ultramafic or Apo mafic gimmerites, which occur along the eastern contact of Murzinskiy (Glinskoye, Verhne-Susanskoe), Aduyskiy (deposits and occurrences of Ural emerald band) and Kamensky (Mines of Kuznetsov, Kamenskoye) Upper Paleozoic granite massifs. At the stage of general search, minerals-indicators of ore-bearing are most interesting. These issues are a part of search mineralogy researches, aimed at the development of mineralogical search criteria of the mineral deposits. As a result of the works author establishes mineralogical characteristics and patterns, which one can use for search of rare-metal and semi-precious ore mineralization: direct search mineralogical signs on the territory of Murzinskaya-Aduyskaya beryllium (gemstone) subprovince are findings of primary beryllium minerals (beryl, emerald, chrysoberyl, alexandrite, phenacite, euclase) and findings of mica veins and complexes, preferably ones that have phlogopite composition; indirect mineralogical signs are findings of secondary beryllium minerals (bavenite, bertrandite, Be-margarit, euclase); pink and purple fluorites, encountered in mica complexes within Murzinskaya-Aduyskaya gemstone subprovince, can be a direct mineralogy sign of semi-precious mineralization (emerald, chrysoberyl, alexandrite); positive europium anomalies in fluorite in the exploratory work are an indirect indication of the ore beryl mineralization; upon finding high positive anomalies of BeO, detected by gamma-neutron and photo-neutron methods at the operational exploration stage, one should check them using mineralogical methods (visual inspection, X-ray analysis) to determine the presence of secondary minerals of beryllium (bavenite, bertrandite) or minerals of fragile mica group, bityte–Be-margarit.

Keywords: Ural; rare metal deposits; emerald; beryl; alexandrite; gemstones.

Introduction

Murzinskaya-Aduyskaya beryllium (gemstone) subprovince is a part of East-Ural rare-metal province, which covers exocontact zones of large batholiths of Late Paleozoic granites of Eastern Ural uplift [1]. Beryllium specialization of subprovince is caused by the extensive development of 260–300 mln years old collisional granites enriched with beryllium, tantalum, lithium, cesium, tungsten [2]. One can find description of deposits and displays of gems on the territory of Murzinskaya-Aduyskaya beryllium (gemstone) subprovince in the works of G. N. Vertushkov (1932), M. B. Arinshteyn (1983), A. S. Talantsev (1988), Ye. F. Emlin (2002) and others.

Ural emerald band (UEB) is located on the eastern slope of the Middle Urals, in Asbest area of Sverdlovsk region. These deposits were developed almost continuously since 1831. In the period after World War II and before the discovery of large hydrothermal deposits of beryllium at the Far East, Ural emerald mines were one of the main sources of this strategic raw material in the USSR. Recently, Russian emeralds began to appear in jewelry more often. In this regard, the problem of finding new sources of emerald and other semi-precious beryllium materials in the Middle Urals has again become relevant, particularly the idea of continuation of the Ural emerald band to the north and south of the known deposits of Emerald Mines.

Ural emerald band, the part of the Murzinskaya-Aduyskaya beryllium (gemstone) subprovince, is the world famous ore region with largest in Russia deposits of beryllium ore and gemstones: emerald, alexandrite and phenacite. Along with the industrial and economic importance of the Ural Emerald Mines (UEB), as the only supplier in Russia emeralds and alexandrite, they play a major part as a source of various mineral specimens for thematic collections, which have an increased demand among collectors, educational institutions and museums all over the world (Fig. 1).

Tectonic situation area UEB is characterized by an abundance of different ages and of different orders of structures of stretching and compression, powerful crushing zones and block structure. Along the eastern contact of Murzinsko-Aduyskiy anticlinorium runs the deep Susansky submeridional strike rift that is a border between Murzinsko-Aduyskiy anticline and Alapaevsko-Rezhevskaya structure [1].

Geological structure

Murzinskaya-Aduyskaya gemstone subprovince occupies the eastern and south-eastern part of the East-Ural megazone. Beryllium mineralization on the studied objects is timed to Apo ultramafic or Apo mafic gimmerites, which occur along the eastern contact of Murzinskiy (Glinskoye, Verhne-Susanskoe

deposits), Aduyskiy (deposits and occurrences of Ural emerald band) and Kamensky (Zarechnoye, Kamenskoye) Upper Paleozoic granite massifs (Fig. 1). Rift has a discontinuous NW-trending violations (azimuth 304°), which are broken by systems of younger sublatitudinal cracks that have usually shallow slope along the azimuth NNW-304° [3]. Their inception occurred in the late stages of the granite massifs formation. Their inception occurred in the late stages of granite massifs formation. Northwest rifts relate to the shear type, they are fall sustained. Sublatitudinal cracks belong to the stretching cracks and their length is small, but in accordance with the plan of tectonic deformations, they parted more often than the north-west [4].

Typical for the UEB area is metamorphic zoning from high levels of amphibolite facies to the weakly metamorphosed rocks of the greenschist facies. Under the influence of pneumatolytic-hydrothermal processes associated with granitic intrusions, the whole complex of deposits of rocks and the entire region undergone metasomatic change in varying degrees. The most complete development acquires alkaline (potassium) metasomatism, during which almost all the rocks are exposed to phlogopitization in varying degrees. In the contact zones of granite, together with amphibolites, biotite rims form, goes the formation of actinolite and tremolite, and albitization of potassium feldspar (microcline), and carbonaceous-siliceous shales graphitize. Processes of carbonation and talking develop in the ultramafic rocks, associated with the exposure of hydrothermal with additional CO₂ to these rocks [5].

The field Glinskoye and the manifestation of the Verhne-Susanskoe beryllium mineralization is localized among lenticular bodies represented as talc-actinolite, talc-tremolite, and talc-carbonate schists. Veins of mica and pegmatoids cut talc rocks. Gimmerites mainly consist of phlogopite (90–100 %), muscovite takes up to 5 % of the rock volume, accessory minerals are beryl, tourmaline, chrysoberyl, corundum, apatite, fluorite, relics of chrome-spinel, zircon. Pegmatoids are presented by tourmaline-muscovite-feldspar-quartz veins. Beryl crystals are found on the contacts of pegmatoids veins with mica, chrysoberyl is found in mica.

Emerald-beryl and alexandrite-chrysoberyl-phenacite deposits and occurrences of UEB are located in metamorphic stratum consisting of amphibolite, talc-actinolite and talc schists. Ultramafic rocks occur among the enclosing rocks. Mica veins containing emerald, and alexandrite-chrysoberyl-phenacite mineralization usually cut these ultramafics. Gimmerites consist mainly of phlogopite, as well as varying amounts of tourmaline, talc, plagioclase, amphibole of tremolite-actinolite series, chlorite, apatite, and fluorite.

Manifestation of green beryl Zarechnoye is localized in the zone of intensely metamorphosed and hydrothermally processed rocks represented by chlorite, sericite, chlorite, sericite, phlogopite, chlorite and other schists. Eastwards, this area is gradually transformed into chlorite-feldspar metaschists that in the northern part of the site are breached by the body of melanocratic amphibole gabbro. From the West, the band of outputs of leucocratic two-mica gneissose granites limits the vein zone. Beryl mineralization exists in sericite-chlorite-phlogopite and quartz-feldspar veins.

Materials and methods of research

The study is based on the materials that author collected in the field seasons from 1998 to 2012 years on deposits and manifestations of UEB. Author collected most of the material during studying of mineralogy of the Mariinsky deposit.

Author conducted the study of ontogeny of minerals and their relationship visually, using a magnifying glass MBS-10 and a scanning microscope JCXA-733 Superprobe. The study was conducted at the Institute of Mineralogy Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Miass (analyst L. A. Pautov). All features and ontogenetic relationships minerals were recorded photographically.

X-ray analysis consisted of obtaining the diffraction pattern of minerals and its identification with the reference values. Obtaining the diffraction pattern depended on the amount of material studied and the chosen method – photographic or diffractometal. Photographic method used a material as a mineral powder shaped into a ball. Survey conducted analyst on FeKα-radiation device URS-2.0 in the chamber RKD-57.3 mm (analyst S. G. Sustavov, Ural State Mining University). The accuracy of determining the position of the lines on the Debye photograph estimated at 0.15 mm. Analyst conducted packing of the membrane in an asymmetrical way. In the presence of a relatively large amount of material (3–5 mg or more), analysts carried out X-ray examination on a DRON-2.0 unit on CuK⁺-radiation with a graphite monochromator (analysts Sapozhnikova N. G., Ural State Mining University, and L. A. Pautov, Museum of A. E. Fersman Russian Academy of Sciences).

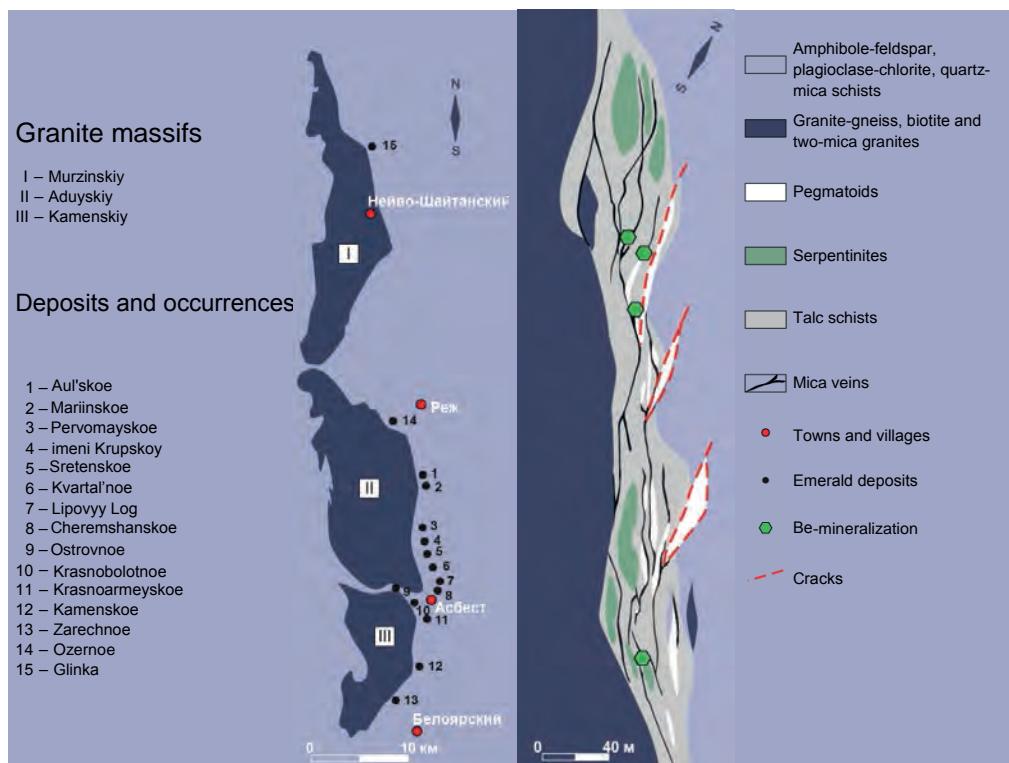


Figure 1. Layout of deposits and occurrences of beryl and gems (emeralds, alexandrite) within Murzinskaya-Aduyskaya semiprecious subprovince.

Identification powdergramms was conducted by using X-RAY program on a personal computer. In some cases, identification of minerals was conducted using comparison with standard radiographs.

To study the microelement composition of fluorite mineral monofractions we selected eight monofractions of mineral with a different color (colorless, blue, green, light brown, dark brown, brown, purple and violet) from different areas of the Mariinskiy deposit. The analytical group of Yu. L. Ronkin (Institute of Geology and Geochemistry of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences) conducted the ecomposition of monofractions and their analysis on mass spectrometer Element 2.

Results of research

A study of alexandrite glimmerites, established direct mineralogical indications [6]. These formations with chrysoberyl and phenacite differ from emerald glimmerites by composition, color and heterogeneity. They form phlogopite and phlogopite-fluorite veins of greenish-gray and greenish-brown color in which chlorite content varies from 10–30 % to 70–90 %. Glimmerites are denser and have more parallel scales, but are only slightly schistosed and are less corrugated than emerald.

Mineral associations, that are direct search signs for the emerald glimmerites, predominantly consist of emerald, beryl, plagioclase, and fluorite. Alexandrite glimmerites usually have the following associations: alexandrite, chrysoberyl, phenacite, margarit, tourmaline (dravite) [6].

The experience of the author in later beryllium mineralization [7] tells that findings of secondary beryllium minerals (bavenite, bertrandite) or of fragile mica group minerals (bitite – Be-Margarit) are as a direct search attributes for the semi-precious and beryl mineralization. Under the microscope, one can see how though the longitudinal, diagonal, rarely transverse cracks in beryllium, bavenite develops. Furthermore, it grows on the verge of beryllium. In the later stages of the hydrothermal process mineral is replaced by bertrandite. The author found that behoit and klinobehoit grow on bavenite. By the time of allocation bavenite is the latest of all minerals associated with them, except for a late chlorite, epidote, analcime.

At the Mariinskiy deposit, the author describes the following color differences of fluorite: brown, colorless, green, blue, pink and purple. Among all these groups two main colors of fluorite stand out (pink and purple), both of which can serve as a direct search sign of the ore beryllium mineralization (beryl, emerald, alexandrite); both are prone to rapid bleaching up to the gray color on the sunny surface. Pink fluorite is most common in rich beryl and powerful quartz-plagioclase veins, vein metasomatic zones of the Northern and central regions of the Mariinskiy deposit. It is virtually non-existent in the South flank of the deposit (even in the rich veins) and almost never occurs in small veins and poor areas. Purple fluorite is always associated with phlogopite

and margarit. Is most commonly “seals” (Fig. 2, 3) chromium-containing mineral association (emerald, alexandrite). All other color variations are not directly connected with the main mineralization, as they formed later and are a part of later mineralization.

Fluorites of the Mariinskiy deposit have a number of characteristic and distinctive features according to the trace element composition. At the same for all types of fluorite typomorphic feature is the enrichment of the mineral with elements of the mafic-ultramafic formations (for example, the amount of chromium varies from 262 to 317 g/t, regardless of mineral color) (Table). Apparently, this is due to the fact that in the final stage of formation of all of mineral parageneses during crystallization fluids from the surrounding rocks started to participate, which are mainly represented by serpentinites and Apo ultramafic metasomatites. In this case, the calcium halide is formed directly in the matrix of Apo ultramafic substrate and has a trace element composition that is typical to many serpentinites [8].

According to the distribution of lanthanides, author can divide colorful fluorites of the Mariinskiy deposit into three types: high, intermediate and a low content of REE (Fig. 4). In the first type falls green fluorite and all brown tones. They are characterized by a gradual drop in REE (from heavy to light elements) and the presence of a weak positive anomaly of europium. Lanthanide concentration therein varies from 82 to 116 g/t. The ratio La/Yb is equal to 0,34–0,54. These values are typical for fluorites from granitic pegmatites (0, 8) and acidic rocks (0, 3) [9]. In the second type fall colorless and blue fluorites, they are characterized by a sharp drop in REE (from heavy to light elements). Colorless fluorite has a strong negative anomaly of europium, while there are no anomalies in the blue. The ratio La/Yb is equal to 0.03–0.07. Lanthanide concentration therein varies from 14 to 21 g/t. It is possible that the first and second types of fluorite are just different generations, formed on the same substrate of rocks, because of what the trends configuration of REE distribution is very similar and differs only in the concentration of rare earths. Thus, the first type fluorite completed the formation of pegmatites, and the second type has sealed the quartz-plagioclase veins that were formed by first albitization of rocks [8].

Purple fluorite applies to the third type. It has an extremely low content of REE (up to 5 g/t). This fluorite is characterized by a gradual increase from heavy to light elements and the presence of a sharp positive anomaly of europium. La/Yb ratio is equal to 10.2. It is interesting that such a high ratio is characteristic for syenite pegmatites and alkaline rocks, maybe this is due to the appearance of an alkaline environment during the crystallization of purple fluorite. There are no descriptions of REE distributions similar to the third type of fluorite in the literature, although it is strongly reminiscent with the trends of the lanthanides from Bazhenovskoye apoharzburgite serpentinites [8].



Figure 2. The crystals of chrysoberyl (green) in fluorite (purple).



Figure 3. Discharge of purple fluorite among green beryl crystals.

Discussion

At an early stage of identifying and characterizing of semi-precious and rare-metal beryllium, mineralization is of great importance to use mineralogical characteristics. At the stage of general search, minerals-indicators of ore bearing are most interesting. These issues are a part of search mineralogy researches, aimed at the development of mineralogical search criteria of the mineral deposits. There are the following mineralogical search features: a) resistant association of the minerals; "Prohibited" combinations of minerals; minerals of ore indicators or a specific process; morphological features of minerals [9]. Mineralogical features in conjunction with geological and geochemical elements of these models allow estimating the formation type of mineralization, of stages of its formation, the presence of rich or poor ores.

Direct minerals-indicators related to the nature of certain mineral bodies and near-ore halos, indirect – with medium of ore mineralization. According to the theory proposed by N. P. Yushkin, minerals-indicators are divided into three categories by search functions [10]:

- useful (ore) minerals are direct indicators of ore-bearing, have the greatest search value and serve as a reliable guide for prospecting one of the methods to determine the halo of minerals (boulders, detritus, schlich). Finding such minerals must be documented. On the territory of beryllium Murzinskaya-Aduyskaya subprovince these are beryl, chrysoberyl, emerald, alexandrite, phenacite;

- minerals, related to useful minerals, i. e., are in a close genetic relationship the latest. For example, the phlogopite, plagioclase, chlorite or secondary beryllium minerals – bavenite, bertrandite;

- minerals, associated with useful minerals (minerals-satellites), which are used for search purposes and are the most important indicators of the search. Minerals satellites may be varied in their nature and in their search value. On the territory of subprovince these are fluorite, apatite, talc, margarite;

Justification of each new mineralogical indicator is equivalent to the development of a new search method. In addition to high informativeness, one should maximize flexibility, possibility of obtaining using express methods, providing mass measurement indicator minerals parameters [10].

Ore deposition conditions find their reflection in the formation of specific, natural mineral associations, typical for this situation minerals-indicators that provide useful information about the processes of formation of ore bodies. Earlier in deposits and manifestations of the Ural emerald band O. Ye. Chizhik and Z. V. Lekukh identified the following groups of mineralogical attributes [11].

The first group of signs includes the composition of rock-forming minerals in the veins of glimmerites. This is phlogopite (90 %) and impurities are present as talc, chlorite and actinolite (up to 10–50 %). A positive sign of secondary semi-precious and rare metal raw materials within Murzinskaya-Aduyskaya beryllium subprovince is discovery of glimmerites of mainly phlogopite composition.

The second group of symptoms that can be treated as a direct search feature – it is the presence of one of beryllium minerals in glimmerites (beryl, emerald, chrysoberyl, phenacite).

In research [12], the description of the local search signs and criteria for the deposits of jewelry beryl as a direct mineralogical and petrographic features authors provide finds of beryl that has emerald green color, regardless of the size, transparency and perfect crystals (emeralds). Indirect signs include mineralogical finds of satellite minerals of a variety of beryl jewelry (including emeralds), well described in the scientific literature. Mineralogical

and petrographic sign of emerald deposit is the existence of zones and veins of glimmerites of significantly (over 90%) phlogopite composition, with an admixture of talc, chlorite, actinolite and containing phenacite, chrysoberyl, Be-margarite [12, 13].

Previously we examined mineralogical emerald signs of ore bodies at the Mariinsky deposit, based on the variations of the properties of Ca-containing minerals (apatite, plagioclase, fluorite) [14, 15].

Indirectly, the presence of ore (useful) beryllium mineralization indicates higher values of BeO in the surrounding rocks, fixed by chemical-analytical methods, or gamma-neutron and photoneutron methods. Therefore, in the early stages of search operations on rare-metal and semi-precious mineralization one uses special geophysical instruments – berylometers. They detect beryllium by irradiation of rocks with radioactive isotopes with the subsequent registration of secondary radiation. In the later stages of exploration (operational, advanced) and geological exploration, starting with detailed searches berylometers readings should be checked or supplemented with mineralogical studies (visual diagnostics, X-ray analysis). According to the experience of the author at the Mariinsky deposit BeO some anomalies were connected mostly to the development of late beryllium mineralization, whereas the main mineralization (beryl, emerald) was in the side [7]. One can frequently observe it in tectonically weakened zones.

The following mineral associations are commonly used at the deposits of mica type located outside of Russia, as a mineralogical signs of the gemstone mineralization:

- Changes in the composition of tourmaline (dravite) as a sign on emerald mineralization in the Yukon territory (Canada) [16].

- Quartz-tourmaline mineralization in phlogopite shales, as an indicator on emeralds at Kafubu deposit (Zambia) [17, 18].

- Findings of Ni-Cr containing muscovite and tourmaline are search signs at geological exploration on the emerald mineralization on Swat deposit (Pakistan) [19].

- On some deposits of Madagascar, emerald mineralization occurs at the contact of granitic pegmatites from the ultrabasic rocks, where the productive

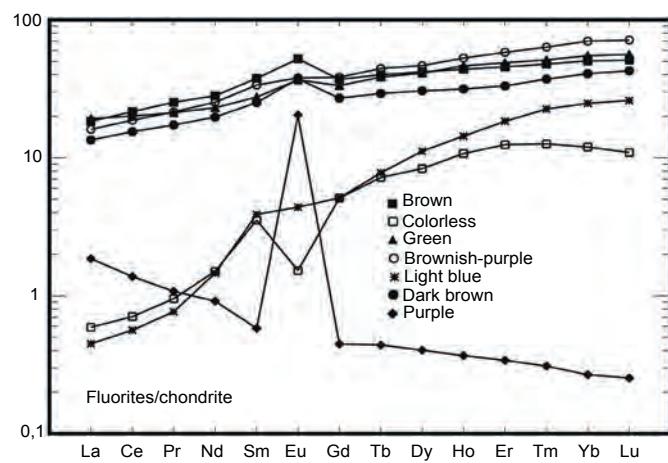


Figure 4. Distribution of REE in fluorites of Mariinsky deposit.

Microelement composition (g/t) of fluorites of Mariinskiy deposit.

Element	Mineral color						
	Colorless	Brown	Green	Light blue	Purple	Brownish-purple	Dark brown
Li	0,08	0,14	0,49	0,02	0,04	0,06	0,12
Be	1,94	1,97	1,78	1,77	1,86	2,23	2,04
P	178,00	171,00	171,00	153,00	142,00	177,00	163,00
Sc	1,56	1,51	1,48	1,38	1,35	1,51	1,47
Ti	83,90	15,50	10,50	8,67	4,93	7,47	8,88
V	72,80	81,70	89,30	70,00	73,20	69,20	75,50
Cr	295,00	317,00	312,00	262,00	265,00	287,00	316,00
Mn	10,20	76,20	10,50	2,13	1,09	36,30	38,70
Co	4,86	4,86	5,41	4,09	3,92	4,54	4,51
Ni	80,90	82,00	96,10	71,70	68,00	79,10	78,60
Cu	0,93	0,53	0,64	0,26	0,29	0,53	0,73
Zn	2,16	1,22	1,28	0,98	1,07	1,24	1,15
Ga	0,30	0,13	0,20	0,09	0,08	0,12	0,13
Ge	2,07	2,38	2,43	2,18	2,22	1,68	1,95
As	11,90	13,20	13,00	10,30	10,50	11,60	12,40
Rb	0,41	0,17	3,86	0,08	0,14	0,10	0,14
Sr	157,00	689,00	338,00	59,30	58,40	575,00	592,00
Y	96,60	151,00	212,00	94,00	2,11	248,00	98,80
Zr	1,87	0,30	0,17	0,16	0,10	0,14	0,11
Nb	0,20	0,05	0,10	0,03	0,02	0,03	0,04
Mo	0,98	0,30	0,55	0,13	0,45	0,51	0,22
Sn	0,39	0,33	0,43	0,36	0,32	0,35	0,36
Sb	0,03	0,02	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01
Te	0,03	0,04	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03
I	0,56	0,57	0,59	0,55	0,52	0,55	0,55
Cs	0,04	0,03	0,18	0,01	0,05	0,01	0,04
Ba	5,67	1,54	1,69	0,90	0,56	0,88	1,09
La	0,19	6,04	6,33	0,15	0,61	5,28	4,43
Ce	0,61	18,70	17,37	0,49	1,19	16,20	13,39
Pr	0,12	3,28	2,76	0,10	0,14	2,80	2,25
Nd	0,95	17,70	14,50	0,92	0,58	15,90	12,40
Sm	0,72	7,63	5,60	0,79	0,12	6,82	5,10
Eu	0,12	4,02	2,82	0,34	1,57	2,93	2,87
Gd	1,41	10,19	9,21	1,41	0,12	10,57	7,47
Tb	0,36	1,99	1,92	0,39	0,02	2,22	1,46
Dy	2,86	14,40	14,10	3,83	0,14	16,00	10,50
Ho	0,83	3,38	3,57	1,11	0,03	4,06	2,43
Er	2,80	10,30	11,00	4,13	0,08	13,10	7,48
Tm	0,44	1,68	1,80	0,79	0,01	2,24	1,31
Yb	2,63	11,1	12,1	5,46	0,06	15,4	8,97
Lu	0,37	1,73	1,90	0,88	0,01	2,42	1,45
Hf	0,08	0,17	0,17	0,06	—	0,18	0,11
Ta	0,02	0,05	0,06	0,02	0,01	0,06	0,03
W	3,16	0,80	0,76	0,12	0,07	0,66	0,81
Re	0,05	0,03	0,04	0,02	—	0,04	0,02
Hg	0,16	0,05	0,04	0,01	0,01	0,03	0,04
Pb	0,55	1,01	4,85	0,08	0,72	0,16	0,16
Bi	0,02	0,02	0,02	0,01	0,04	0,01	0,03
Th	0,08	0,17	0,03	0,01	0,02	0,10	0,12
U	0,02	0,06	0,04	0,01	0,03	0,04	0,05

signs on emerald mineralization are chlorite, phlogopite, tremolite and plagioclase [20].

As an indirect sign of searching for rare-metal and semi-precious beryllium mineralization in glimmerites in the territory of Murzinskaya-Aduyskaya beryllium (gemstone) subprovince is possible to use a distinctive feature of purple fluorite – a very low content of REE (not more than 5 g/t). This fluorite is characterized by a gradual increase from heavy to light elements and the presence of a sharp positive anomaly of europium (Fig. 4). He thus stands out among all the color differences, met at the Mariinskiy deposit [8].

Conclusions

Direct search mineralogical signs on the territory of Murzinskaya-

Aduyskaya beryllium (gemstone) subprovince are findings of primary beryllium minerals (beryl, emerald, chrysoberyl, alexandrite, phenacite, euclase).

Important direct mineralogical signs of rare-metal and semi-precious beryllium mineralization are discoveries of secondary beryllium minerals (bavenite, bertrandite, Be-margarite, euclase).

Discoveries of glimmerites veins and complexes, preferably phlogopite composition should be considered as an indirect mineralogical signs across the province.

Pink and purple fluorites, encountered in mica complexes within Murzinskaya-Aduyskaya gemstone subprovince, can be a direct mineralogy sign of semi-precious mineralization (emerald, chrysoberyl, alexandrite).

Upon finding high positive anomalies of BeO, detected by gamma-neutron and photo-neutron methods at the operational exploration stage, one should check them using mineralogical methods (visual inspection, X-ray analysis) to determine the presence of secondary minerals of beryllium (bavenite, bertrandite) or minerals of fragile mica group, bityte–Be-margarit.

REFERENCES

1. Zoloev K. K., Levin V. Ya., Mormil' S. I. 2004, *Minerageniya i mestorozhdeniya redkih metallov, molibdена i volframа Urala* [Minerageny and deposits of rare metals, molybdenum and tungsten of Urals], Ekaterinburg, 436 p.
2. Fershtater G. B. 2001, *Granitoidnyj magmatizm i formirovanie kontinental'noj zemnoj kory v khode razvitiya Ural'skogo orogena* [Granitoid magmatism and formation of continental crust during the development of the Ural orogen]. Litosfera [Lithosphere], no. 1, pp. 62–85.
3. Kupriyanova, I. I. 2002, *O genezise Malyshevskogo berilliya-izumrudnogo mestorozhdeniya (Sredniy Ural, Rossiya)* [On the genesis of emerald-beryllium Malyshevskoe deposit (Middle Urals, Russia)]. *Geologiya rudnykh mestorozhdenij* [Mining geology], no. 4, pp. 314–330.
4. Zolotukhin F. F. 1996, *Mariinskoe (Malyshevskoe) mestorozhdenie izumruda, Sredniy Ural* [Mariinsk (Malyshevskoye) deposit of emerald, Middle Urals], Asbest–Ekaterinburg–St. Petersburg, 70 p.
5. Mamaev I. N. et al. 1989, *Otchet Malyshevskoy geologo-s'emochnoy partii za 1983–1989 gody* [Report Malyshevsky geological mapping party for years 1983–1989]. PO «Uralgeologiya» [JSC “Uralgeology”]. Sverdlovsk, vol. 3, 404 p.
6. Popov M. P. 2013, *Ural'skaya khrizoberill-izumrudonosnaya provintsiya* [Ural chrysoberyl-emerald province]. Materialy II mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii “Fundamental'nye i prikladnye nauki segodnya”, dekabr' 2013 [Proceedings of the II International scientific-practical conference “Fundamental and Applied Science today”, December 2013], Moscow, pp. 15–20.
7. Popov M. P. 1999, *Pozdneberillievaya mineralizatsiya kak istochnik ogranochno-kollektivnogo syr'ya (Mariinskoe mestorozhdenie, Ural'skie Izumrudnye kop'i)*. Avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoy stepeni kandidata geologo-mineralogicheskikh nauk [Later Beryllium mineralization as a source of diamond cutting, the collection of raw materials (Mariinsk deposit Ural Emerald Mines). Synopsis of dissertation for the degree of geological-mineralogical sciences], Ekaterinburg, 35 p.
8. Popov M. P., Erokhin Yu. V. 2010, *Tipomorfnye osobennosti flyuorita Mariinskogo mestorozhdeniya berilliya (Ural'skie Izumrudnye kop'i)* [Typomorphic features of fluorite of the Mariinsky deposit of beryllium (Ural Emerald Mines)]. Litosfera [Lithosphere], no. 4, pp. 157–162.
9. Bulakh A. G. 2002, *Obshchaya mineralogiya* [General mineralogy]. St. Petersburg, 356 p.
10. Yushkin N. P. 1989, *Osnovnye printsipy poiskovo-otsenochnoy mineralogii* [The basic principles of search and assessment of Mineralogy]. Dokl. sov. geologov na XXVIII ses. Mezhdunar. Geol. Kongr. (Washington, iyul' 1989) [Report by Soviet geologists at the XXVIII session of the International Geological Congress (Washington, DC, July 1989)], Moscow, pp. 158–163.
11. Chizhik O. E., Lekukh Z. V. 1980, *O genezise izumrudov v mestorozhdeniyakh slyuditovogo tipa* [The genesis of emeralds in mica fields]. *Dragotsennyye i tsvetnye kamni* [Precious and colored stones], Moscow, pp. 158–174.
12. Kisin A. Yu., M. P. Popov M. P., Komashchenko S. V. 2011, *Spetsifika mestorozhdeniy yuelirinogo berilla kak osnova prognozno-poiskovogo poiska* [Specifics of jewelry beryl deposits as a basis for forecasting and search]. Litosfera [Lithosphere], no. 5, pp. 96–104.
13. Laskovenkov, A. F., Zhernakov, V. I., 1995. An update on the Ural Emerald Mines. *Gems & Gemology*, 31, No. 2, 106–113.
14. Kupriyanova I. I., Kukushkina O. A., Gryaznov Yu. A., Novikova M. I., Kuvшинова К. А., Ляпунов С. М. 1990, *Sopryazhennost' svoystv parageneticheskikh mineralov berillievых mestorozhdeniy i ikh tipomorfnoe znachenie* [Conjugation of properties of the paragenetic calcium minerals of beryllium deposits and their typomorphic significance]. *Izv. AN SSSR. Ser. Geol.* [Proceedings of the Academy of Sciences of the USSR. Series Geology], no. 9, pp. 71–81.
15. Kupriyanova I. I., Moroshkin V. V. 1987, *O vozmozhnosti ispol'zovaniya lymonestsentnykh svoystv plagioklaza i apatita kak priznakov izumrudonosnosti* [On the possibility of using the fluorescent properties of plagioclase and apatite as a signs of emeralds]. *Izv. AN SSSR. Ser. Geol.* [Proceedings of the Academy of Sciences of the USSR. Series Geology]. No. 9, pp. 84–90.
16. Galbraith, C. G., Clarke, D. B., Trumbull, R. B., Wiedenbeck, M. (2009): Assessment of Tourmaline Compositions as an Indicator of Emerald Mineralization at the Tsa da Clisza Prospect, Yukon Territory, Canada. *Economic Geology*, 104, 5, 713–731.
17. Zwaan, J. C., Seifert, A., Vrána, S., Laurs, B. M., Anckar, B., Simmons, W. B., Falster, A. U., Lustenhouwer, W. J., Muhlmeister, S., Koivula, J. I., Garcia-Guillerminet, H., 2005. Emeralds from the Kafubu area, Zambia. *Gems and Gemology* 41, 116–148.
18. Seifert, A. V., Žáček, V., Vrána, S., Pecina, V., Zachariáš, J., Zwaan, J. C., 2004. Emerald Mineralization in the Kafubu area, Zambia. *Bulletin of Geosciences* 79, 1–40.
19. Arif, M., Fallick, A. E., Moon, A. E., 1996. The genesis of emeralds and their host rocks from Swat, northwestern Pakistan: a stable-isotope investigation. *Mineralium Deposita* 31, 255–268.
20. Cheilletz, A., Sabot, B., Marchand, P., De Donato, P., Taylor, B., Archibald, D., Barres, O., Andrianaffy, J., 2001. Emerald deposits in Madagascar: two different types for one mineralizing event. European Union of Geosciences. *Journal of Conference Abstracts* 6, 547.

Mikhail Petrovich Popov,
popovm1@yandex.ru
Ural State Mining University
Ekaterinburg, Russia

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЬДООБРАЗОВАНИЯ В ГЛЫБОВЫХ МАССИВАХ ГОРНЫХ ПОРОД КРИОЛИТОЗОНЫ СЕВЕРНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

И. И. Железняк, И. Ю. Мальчикова

Investigation of ice formation in the lump rock massifs of cryolithozone of the Northern Transbaikalia

I. I. Zheleznyak, I. Yu. Mal'chikova

Authors present information about the conditions of ice formation in the natural and technogenic clumpy rock masses in the climatic conditions of the mountain regions of Subarctic in the Northern Transbaikalia. This research substantiates actuality of the study of ice formation in such clumps for the purpose of developing methods and technical means for their engineering and geological study, determination of physical and mechanical properties, development of approaches to the solution of a wide range of geo-ecological and geotechnical problems and, in general, the problem of ensuring the stability of constructions of various purposes. One can find basic differences of their properties, which determine the radiation balance of the surface of clumpy rock masses depending on the situation on the terrain and the orientation to the cardinal. The authors also analyze of the impact of seasonal fluctuations in temperature, humidity and precipitation on the particular ice formations in clumpy rock massifs as a result of convective heat transfer in interclumpy spaces. The results of studies show relations of the formation and accumulation of ice from the structure of clumpy massifs. Authors obtained types and main genetic characteristics of ice in clumpy rock masses. Moreover, authors determined the conditions for forming the structure of the crystal lattice, water crystallization, crystal growth, chemical composition, physical and mechanical properties and other characteristics of ice, in the surface and underground rock clumpy massifs. One can see their dependence on dynamics of the changing in the winter low daily and seasonal temperature of crystallization and the rapid growth of ice crystals. Authors present conclusions of the scientific and practical importance in solving practical problems of economic development of the territories with local and areal extent of clumpy rock massifs.

Keywords: rocks; clumpy massif; water; ice; surface radiation balance.

Представлены сведения об условиях образования льда в естественных и техногенных глыбовых массивах горных пород в природно-климатических условиях горных регионов Субарктики на территории Северного Забайкалья. Обоснована актуальность исследования льдообразования в таких массивах с целью разработки методики и технических средств их инженерно-геологического изучения, определения физико-механических свойств, выработки подходов к решению широкого круга геоэкологических и геотехнических задач и в целом проблемы обеспечения устойчивости сооружений различного назначения. Указаны основные отличия их свойств, определяющие радиационный баланс поверхности глыбовых массивов горных пород в зависимости от положения на рельефе и ориентации по сторонам света. Дан анализ влияния сезонных колебаний температуры, влажности воздуха и атмосферных осадков на особенности льдообразования в глыбовых массивах горных пород в результате конвективного теплообмена в межглыбовых пространствах. Приведены результаты исследований зависимости образования и накопления льда от строения и структуры глыбовых массивов. Выделены виды и основные генетические признаки льда в глыбовых массивах горных пород. Установлены условия формирования структуры, кристаллической решетки, кристаллизации воды, роста кристаллов, химического состава, физико-механических свойств и других характеристики льда в поверхностных и подземных массивах глыбовых горных пород; выявлена их зависимость от динамики изменяющейся в зимний период низкой суточной и сезонной температуры кристаллизации и быстрого роста кристаллов льда. Представлены выводы, имеющие научное и прикладное значение при решении практических задач хозяйственного освоения территорий с локальным и площадным распространением глыбовых массивов горных пород.

Ключевые слова: горные породы; глыбовый массив; вода; лед; радиационный баланс поверхности.

Исследование геокриологических процессов в глыбовых массивах горных пород и их инженерно-геологических свойств относится к ряду наиболее актуальных научно-практических задач геокриологии, горной теплофизики и геомеханики, определяющих подходы к решению геотехнических проблем обеспечения устойчивости сооружений различного назначения. Такие массивы подразделяются по генетическим признакам на три типа: природные (в инженерной геологии называемые курумами), техногенные (отвалы горных пород, дорожные насыпи, отсыпанные на скальные и дисперсные массивы) и природно-техногенные (глыбовые геотехнические сооружения на глыбовых природных основаниях). По расположению относительно поверхности земли глыбовые массивы можно разделить на поверхностные и подземные (формирующиеся в полостях природных (пещеры) и техногенных горных выработок в результате обрушений кровли, вывалов из стен или отбойки пород взрывом). В природных условиях горной Субарктики, к которым можно отнести ряд геосистем Северного Забайкалья [1], практически все глыбовые массивы находятся в сезонно- или многолетнемерзлом состоянии и содержат в своем составе лед. Природный тип глыбовых массивов горных пород представлен скоплениями на скло-

нах и у подножий гор глыбовых и крупных обломков скальных горных пород, образовавшимися в результате различных геотектонических и геоморфологических процессов (каменных глетчеров, курумов, курумо-глетчеров, конусов выноса лавинных и селевых потоков и др.). Они залегают в виде площадных или локальных вытянутых в плане отложений, мощность которых составляет от нескольких десятков сантиметров до нескольких десятков метров [2]. Основанием таких массивов служат сплошные массивы скальных пород. В практическом аспекте особый интерес вызывает проблема использования глыбовых массивов горных пород в качестве оснований геотехнических сооружений, в первую очередь нагорных отвалов пустых пород на разрабатываемых открытым способом месторождениях полезных ископаемых, а также земляного полотна транспортных коммуникаций в высокогорных районах, в частности Северного Забайкалья. Пустотность, хаотичность распределения обломков по глубине, контактов между обломками и неправильность геометрических очертаний обломков характеризуют глыбовый массив как не сплошное тело. По этой причине такой массив не обладает физическими и механическими свойствами однородного сплошного, твердого, упрого тела и не подчиняется законам классической физики и механики.

Известно, что в глыбовых массивах вода содержится в нижней части их разреза, заполненной мелкоземом. В верхней и средней частях разреза глыбового массива, в пустотах между обломками вода содержится в парообразном состоянии при положительных температурах, а при отрицательных – в виде льда, инея, снега. По классификации И. Ю. Мальчиковой [3], лед в глыбовом массиве представлен в следующих генетических типах: абляционный (сезонный) порфировидной криотекстуры, фирновый (сезонный) массивной и слоистой криотекстуры, инфильтрационный (сезонный) массивной криогенной текстуры (поровый, пленочный и базальный лёд-цемент), инфильтрационно-натечный и инфильтрационный (многолетний) массивной (базальный лёд-цемент), слоистой и атакситовой криогенной текстуры (сегрегационный).

Анализ природы и форм ледяных образований в глыбовых массивах горных пород показал, что они не обеспечивают прочное смерзание обломков и не формируют сплошной ледопородный массив. Однако все формы ледяных образований участвуют в процессах тепло- и массообмена глыбовых массивов с атмосферой и подстилающими массивами скальных пород. При этом теплообмен осуществляется преимущественно конвективным механизмом [4]. Модель распространения температурных волн в массивах глыбовых горных пород, основанная на законах конвективного теплообмена и подтверждаемая результатами многолетних натурных измерений температуры массивов в скважинах на участках Удоканского медного месторождения, приведена в [3, 5, 6].

К основным факторам, определяющим льдообразование в глыбомассиве горных пород техногенного и естественного происхождения, следует отнести строение глыбового массива (пустотность, размеры обломков и их форма), теплоперенос, мощность и плотность снега на его поверхности, экспозицию, крутизну, радиационный баланс и температуру поверхности, климатические условия территории, наличие пачкообразной, жидкой и твердой фаз воды в пустотах и на поверхности обломков [7–9].

Мощность слоя со льдом зависит от пустотности поверхностного и приповерхностного горизонтов глыбового массива и от размеров обломков. При этом можно предположить, что чем выше пустотность приповерхностных горизонтов, тем меньше «запасы холода».

В результате исследований установлено, что на участках глыбовых массивов, характеризующихся большой пустотностью поверхностного слоя, объем фирнового льда больше, чем на тех, где пустотность меньше. Выступающие над общей поверхностью участков массивов части обломков служат естественными преградами на пути перемещаемых ветром снежных масс. На ограниченных участках интенсивной ветровой аккумуляции вблизи естественных препятствий (выступы и неровности глыб из приповерхностных горизонтов глыбовых массивов горных пород) снег задувается и проваливается в пустоты между обломками, где и происходит его дальнейшая метаморфизация.

Интенсивность аблимационного льдообразования и мощность этого типа льда определяются микроклиматическими особенностями и строением глыбовых массивов. Формирование аблимационного льда в приповерхностных горизонтах обусловлено не только влажностью воздуха, сколько скоростью ветра и пустотностью приповерхностных горизонтов. Аблимационный лед в виде налетов в основном встречается на боковых гранях обломков пород. Диаметр пятен этого льда достигает 10 см, а их толщина 0,5 см.

Процесс льдообразования в осенний период носит кратковременный характер в связи с быстрым переходом к устойчивым отрицательным температурам воздуха. Это приводит к тому, что почти одновременно иссягают все источники влаги. К этому времени и в течение всей зимы глыбовый массив остается несцепментированным льдом в так называемом «воздушно-сухом» состоянии.

Наиболее активно и более длительное время льдообразование в глыбовых массивах происходит ранней весной. На открытых участках склонов южной экспозиции, получающих большое количество тепла, имеющих высокую пустотность приповерхностных горизонтов и меньшую мощность снежного покрова по сравнению с другими участками, сезонный лед формируется с середины марта до конца апреля. Его оттаивание впоследствии происходит с конца апреля до начала сентября, что в значительной мере объясняется радиационными особенностями склонов рельефа.

Разное количество тепла Q , поступающее к поверхности склонов, предопределяет неравномерное изменение толщины снежного покрова на склонах разной экспозиции.

Различия в отражательной способности подстилающей поверхности отмечаются не только на разных склонах, но и в пределах одного склона.

Измерениями установлено, что в верхней части склона уже в первой половине апреля альbedo близко к летнему, а в конце апреля после схода снежного покрова соответствует летним значениям. Это способствует интенсивному вытаянию льда из приповерхностных горизонтов и оттаиванию промерзшего за зиму сезона оттаивающего слоя. В средней части склона активное развитие этого процесса происходит позже на 10–15 дней, а в нижней части в апреле оттаивание этого слоя еще, как правило, не начинается. Некоторое увеличение альbedo к концу апреля объясняется образованием на поверхности снежного покрова в этот период ледяных и фирновых корок (при дневном подтаивании снега и ночных замерзаниях), что создает эффект «солнечного зайчика».

Очевидно, что формирование слоя сезона оттаивания в глыбомассиве горных пород связано с особенностями распределения составляющих теплового баланса [10]. В начальный период формирования слоя сезона оттаивания процессы теплообмена охватывают лишь приповерхностные горизонты отложений, так как радиационного тепла еще недостаточно для нагревания их на всю мощность. Таяние льда-заполнителя идет со стороны обломков, потому что выступающие над общей поверхностью части глыб в силу низкой отражательной способности (альбедо до 16–18 %) сильно нагреваются. Талая вода, образующаяся в большом объеме в результате таяния не только инфильтрационного, но и аблимационного, и фирнового типов льда, просачивается вниз по разрезу. Здесь же обломки еще значительно охлаждены и «запасов холода» достаточно для замерзания воды, т. е. в период формирования слоя сезона оттаивания часть талой воды пополняет сток, а часть вновь замерзает. В дальнейшем, при кондуктивной теплопередаче, вслед за обломками из приповерхностных горизонтов нагреваются обломки и из нижележащих горизонтов и начинается таяние льда-заполнителя на этих го-

ризонтах. Так, при постепенном опускании верхней границы горизонта с сезонным льдом формируется слой сезона оттаивания. Этот процесс повторяется вплоть до достижения кровли многолетнемерзлых горных пород (ММП). При этом в период формирования сезона-тального слоя (СТС) в глыбовом массиве горных пород выделяются горизонты с повышенной льдистостью (и даже с разными типами льда) и горизонты с низкой льдистостью.

Учитывая, что участки склонов в зависимости от экспозиции и крутизны, положения в пределах склона поглощают и отражают разное количество тепла и принимают во внимание результаты исследований [2, 11], установивших, что между количеством тепла, поступившего в массив горной породы через земную поверхность B , и глубиной сезонного протаивания h так же, как между количеством радиационного баланса R и глубиной сезонного протаивания явно прослеживается прямая связь, возможны измерение и анализ количественных характеристик этой взаимосвязи. Более детальный анализ термодинамических процессов на поверхности глыбового массива горных пород на любом элементе рельефа поверхности земли осуществляется с помощью тепловой карты, полученной в результате полевых дистанционных измерений температуры микроволновыми техническими средствами, работающими в инфракрасном и сверхвысокочастотном диапазонах электромагнитных волн [12].

При анализе структуры теплового баланса поверхности глыбовых массивов горных пород техногенного и природного образования установлено, что наибольшие значения теплообмена B характерны в течение всего периода оттаивания для открытых участков склона южной экспозиции. Это, в свою очередь, в достаточной мере объясняет максимальную мощность СТС 2,3–2,5 м на таких элементах рельефа. С изменением экспозиции и характера поверхности глыбового массива величины радиационного баланса R и теплопотока B также изменяются – значительно уменьшаются, что приводит к сокращению СТС до 2,2 м на открытом участке рельефа северной экспозиции и 0,9–1,6 м на участках, покрытых растительностью.

Особенности теплопереноса в глыбовом массиве горных пород связаны с изменениями величины суммарной солнечной радиации Q и радиационного баланса R , которые, уменьшаясь осенью, приводят к уменьшению теплового потока, а также с изменениями структуры теплового баланса: затраты тепла на испарение LE по сравнению с летним циклом увеличиваются вслед за увеличением влажности, что еще больше сокращает величины теплового потока B . Сокращение величин теплового потока не может вызвать увеличение глубины оттаивания.

В связи с этим в глыбовых массивах лед представлен следующими генетическими типами: фирмовым, аблимационным и инфильтрационно-натечным. Исследования показали, что химический состав выделенных типов льда в приповерхностных глыбовых массивах горных пород почти одинаков вследствие того, что практически все источники льдообразования являются производными от атмосферных осадков. Вместе с тем химический состав льда в подземных глыбовых массивах горных пород различен вследствие того, что источниками его образования являются преимущественно подземные воды различного химического состава.

Очевидно, что криогенез в приповерхностных массивах определяется разнообразием источников и механизмов сложной теплопередачи (радиация, циркуляционная конвекция) процессов льдообразования в глыбовых массивах горных пород, непосредственно влияющих на формирование льдов различных типов [9, 13]. Поэтому в приповерхностных глыбовых массивах горных пород лед обладает особенностями, которые проявляются в структуре его кристаллической решетки, химическом составе, физико-механических свойствах и других характеристиках. Они определяются условиями формирования льда при динамично изменяющейся в зимний период низкой суточной и сезонной температуре кристаллизации и быстрым росте его кристаллов [3, 8].

В отличие от приповерхностных подземных глыбовых массивах горных пород лед обладает особенностями, которые проявляются в структуре его кристаллической решетки, химическом составе, физико-механических свойствах и других характеристиках. Они определяются условиями отсутствия в подземном пространстве влияния динамично изменяющихся в зимний период суточных колебаний температуры и влажности атмосферного воздуха, радиационного баланса поверхности глыбового массива горных пород. Это создает условия формирования высокой температуры кристаллизации (с максимумом среднегодового показателя $-0,2\ldots-0,3$ °C) и медленного роста кристаллов льда [7, 8].

Результаты исследований свидетельствуют о том, что выделенные типы льда в приповерхностных и подземных глыбовых массивах горных пород существенно различаются в связи с условиями их формирования, что в итоге предопределяет различия и особенности прочности смерзания различных типов льда с глыбовым материалом массивов горных пород.

Это, в свою очередь, обеспечивает подходы к исследованиям прочности смерзания выделенных типов льда с глыбовым массивом, что представляется одной из актуальных проблем междисциплинарного значения на пути к решению ряда прикладных инженерно-геокриологических, геомеханических и геотехнических задач обеспечения статической и динамической устойчивости линейных и горно-технических сооружений в условиях Северного Забайкалья.

ЛИТЕРАТУРА

- Сочава В. Б. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1978. 320 с.
- Романовский Н. Н., Тюрин А. И., Сергеев Д. О. Курумы гольцовского пояса гор. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1989. 148 с.
- Железняк И. И., Мальчикова И. Ю., Шполянская Н. А., Янушаускас А. И. Курумы Северного Забайкалья. Новосибирск: Наука, 1991. 124 с.
- Мальчикова И. Ю. Конвективный тепломассообмен в пустотах-полостях природных геосистем // Материалы IV Минского Междунар. форума по тепло- и массообмену. Минск, 2000. Т. 1. С. 55–58.
- Железняк И. И., Холодовский С. Е. Природа и модель распространения температурных волн в курумах // Ученые записки ЗабГУ. 2015. №3 (62). С. 44–46.
- Железняк И. И. Глыбовый массив горных пород: исследование и моделирование криогенного теплопереноса // Вестник ЗабГУ. 2015. № 11 (126). С. 23–29.
- Мальчикова И. Ю. Генезис ледяных образований пещеры Хээтэй // География, экология и здоровье населения // Зап. Заб. фил. Геогр. о-ва России. 1992. Вып. 126. С. 115–116.
- Мальчикова И. Ю. Лед в пещерах Забайкалья // Изв. РГО. 2000. Т. 132. Вып. 5. С. 38–43.
- Shpolyanskaya N. A. Underground ices as the information on development of the Russian Arctic Regions in Pleistocene-Holocene // Arctic, Cubarctic: mosaic, contrast, variability of the Cryosphere: international conference. Tyumen, Russia, 2015. Р. 436–440.
- Павлов А. В. Теплофизика ландшафтов. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1979. 283 с.
- Гавrilova M. K. Микроклиматический и тепловой режим земной поверхности и грунтов в Чарской котловине // Геокриологические условия Забайкалья и Прибайкалья. М.: Наука, 1967. С. 148–161.
- Бордонский Г. С., Гурулев А. А., Обязов В. А., Орлов А. О., Цыренжапов С. В. Изучение карстовых ледяных пещер дистанционными методами // География и природные ресурсы. 2012. Т. 33, № 1. С. 133–137.
- Hausmann H., Behm M. Imaging the structure of cave ice by ground-penetrating radar // Cryosphere. 2011. Vol. 5, Issue 2. P. 329–340.

Илья Иосифович Железняк,
lgc255@mail.ru
Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН
Россия, Чита, ул. Недорезова, 16а, а/я 521

Ирина Юрьевна Мальчикова,
Забайкальский государственный университет
Россия, Чита, ул. Александро-Заводская, 30

REFERENCES

- Sochava V. B. 1978, *Vvedenie v uchenie o geosistemakh* [Introduction to the study of the ecosystems], Novosibirsk, 320 p.
- Romanovskiy N. N., Tyurin A. I., Sergeev D. O. 1989, *Kurumy gol'tsovogo poysa* [Stone run of Gol'tsovoye belt], Novosibirsk, 148 p.
- Zheleznyak I. I., Mal'chikova I. Yu., Shpolyanskaya N. A., Yanushauskas A. I. 1991, *Kurumy Severnogo Zabaykalya* [Stone runs of Northern Transbaikalia], Novosibirsk, 124 p.
- Mal'chikova I. Yu. 2000, *Konvektivnyy teplomassoobmen v pustotakh-polostyakh prirodnnykh geosistem* [Convective heat and mass transfer in the cavities, voids of natural geosystems]. *Materialy IV Minskogo Mezhdunarodnogo foruma po teplo- i massoobmenu* [Materials of Minsk IV International Forum on Heat and Mass Transfer], vol. 1, pp. 55–58.
- Zheleznyak I. I., Kholodovskiy S. E. 2015, *Priroda i model' rasprostraneniya temperaturnykh voln v kurumakh* [Nature and the model of distribution of temperature waves in stone runs]. *Uchenye zapiski ZabGU* [Scholarly Notes of Transbaikal State University], no. 62, pp. 44–46.
- Zheleznyak I. I. 2015, *Glybovy massiv gornykh porod: issledovanie i modelirovaniye kriogennoego teploperenosu* [Clumpy rock massif: study and simulation of the cryogenic heat transfer]. *Vestnik ZabGU* [Bulletin of Transbaikal State University], no. 126, pp. 23–29.
- Mal'chikova I. Yu. 1992, *Genezis ledyanikh obrazovanii peshchery Kheetey* [Genesis of ice formations of Heetey cave]. *Geografiya, ekologiya i zdorov'e naseleniya. Zapiski Zabaikal'skogo filiala Geograficheskogo obshchestva Rossii* [Geography, environment and human health. Notes of the Trans-Baikal branch of the Geographical Society of Russia], vol. 126, pp. 115–116.
- Mal'chikova I. Yu. 2000, *Led v peshcherakh Zabaykalya* [Ice caves in Transbaikalia]. *Izv. RGO* [Proceedings of the Russian Geographical Society], vol. 132, no. 5, pp. 38–43.
- Shpolyanskaya N. A. 2015, Undergound ices as the information on Development of the Russian Arctic Regions in Pleistocene-Holocene. Arctis, Subarctic: mosaic, contrast, variability of the cryosphere, International conference, Tyumen, Russia, pp. 436–440.
- Pavlov A. V. 1979, *Teplofizika landshaftov* [landscapes Thermophysics], Novosibirsk, 283 p.
- Gavrilova M. K. 1967, *Mikroklimaticheskiy i teplovoy rezhim zemnoy povrkhnosti i gruntov v Charskoy kotlovine* [Microclimatic and thermal regime of the Earth's surface and the soils in the Chara basin]. *Geokriologicheskie usloviya Zabaykalya i Pribaykalya* [Permafrost conditions of Transbaikalia and the Baikal region], Moscow, pp. 148–161.
- Bordonskiy G. S., Gurulev A. A., Obyazov V. A., Orlov A. O., Tsyrenzhabov S. V. 2012, *Izuchenie karstovykh ledyanikh peshcher distantsionnymi metodami* [The study of karst ice caves using remote sensing]. *Geografiya i prirodnye resursy* [Geography and natural resources], vol. 33, no. 1, pp. 133–137.
- Hausmann H., Behm M. 2011, Imaging the structure of cave ice by ground-penetrating radar. *Cryosphere*, vol. 5, issue 2, pp. 329–340.

Il'ya Iosifovich Zheleznyak,
lgc255@mail.ru
Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS
Chita, Russia

Irina Yur'evna Mal'chikova,
Transbaikal State University
Chita, Russia

ТЕОРИЯ РАСЧЕТА УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ И ОСНОВАНИЙ.

Устойчивость отвалов*

А. В. Жабко

THEORY OF CALCULATION OF THE STABILITY OF SLOPES AND BASES.

Stability of dumps

A. V. Zhabko

This article is the forth part of the published work on the creation of a unified theory of calculating the stability of slopes for arbitrary geological conditions. Ensuring the sustainability of dumps and determination of their limit parameters is one of the priority tasks of open deposit development. One of the main problems in this matter is the lack of suitable, in terms of their sustainability, areas allocated for dumping. In this regard, dumps are poured out on the inclined or not prepared (not stable) base. Thereby, the likelihood of destruction of dumps and their bases significantly increases. However, the negative geomechanical effects on the dumps may lead to the halt of stripping works, and hence the output. The question of stability of dumps (embankments) is also relevant in hydraulic, industrial, civil, and transport construction.

Methods of research of this work are variational, differential and integral calculus as well as the theory of stability of homogeneous, heterogeneous and anisotropic slopes, which author published earlier.

The first part of the article examines the possible ways of loss of dumps stability. The study reveals similarities between dumps stability on a different bases and homogeneous, heterogeneous and anisotropic slopes.

In the second part of the research, one can see solutions of specific examples on the stability of dump on inclined base and unstable inclined base. Author describes in detail the procedure for solving these problems. We present a comprehensive mathematical apparatus for the implementation of these decisions. All solutions have strict mechanical and mathematical formulation.

Keywords: slope, dump, angle of slope, angle of internal friction, cohesion, height of dump, the equilibrium condition, stability of dump, contact base of dump, sliding

Статья является четвёртой частью публикуемой работы по созданию единой теории расчёта устойчивости откосов в произвольных горно-геологических условиях. Обеспечение устойчивости отвалов и определение их предельных параметров является одной из приоритетных задач открытой разработки месторождений. Одной из главных проблем в данном вопросе является отсутствие подходящих, с точки зрения обеспечения их устойчивости, площадей, отводимых под отвалообразование. В связи с этим отвалы отсыпаются на наклонное или не подготовленное (неустойчивое) основание. Таким образом, значительно возрастает вероятность разрушения отвалов и их оснований. Вместе с тем негативные геомеханические явления на отвалах могут привести к остановке вскрышных работ, а значит, и добычи. Вопрос устойчивости отвалов (насыпей) является также актуальным в гидротехническом, промышленном, гражданском и транспортном строительстве. Методами исследования настоящей работы являются вариационное, дифференциальное и интегральное исчисление, а также теория устойчивости однородных, неоднородных и анизотропных откосов, которая опубликована ранее. В первой части статьи рассматриваются возможные способы потери устойчивости отвалов. Выявляются аналогии между устойчивостью отвалов на различном основании и однородными, неоднородными и анизотропными откосами. Во второй части исследований решаются конкретные примеры на устойчивость отвала на наклонном основании и неустойчивом наклонном основании. Подробно описывается порядок решения рассматриваемых задач. Приводится исчерпывающий математический аппарат для реализации данных решений. Все решения даны в строгой механико-математической постановке.

Ключевые слова: откос; отвал; угол откоса; угол внутреннего трения; сцепление; высота отвала; условие равновесия; устойчивость отвала; контакт; основание отвала; поверхность скольжения; излом поверхности скольжения.

На рис. 1 показан отвал, расположенный на слабом наклонном основании. В зависимости от соотношений параметров, влияющих на его устойчивость, возможны три варианта его разрушения:

- 1) разрушение произойдет по поверхности скольжения, проходящей только в породах отвала;
- 2) поверхность скольжения частично будет совпадать с контактом отвал–основание;
- 3) поверхность скольжения преломляется на контакте отвал–основание, проходит по породам основания и выходит на некотором расстоянии от нижней бровки откоса.

В связи со сказанным расчет отвала по первому варианту идентичен расчету однородного откоса, по второму – анизотропного, а по третьему – неоднородного откоса.

В частном случае, когда породы основания прочные (устойчивые), а отвальная масса является скальной и отсыпается в один ярус под углом

естественного откоса, отвал будет устойчивым при любой его высоте.

Вместе с тем при расчете устойчивости отвалов имеются некоторые особенности, которые и будут рассмотрены далее.

Не усложняя и без того непростую схему расчета устойчивости откосов, будем считать распределенную нагрузку q постоянной. Теоретически она может быть задана произвольной функцией, однако установить на практике ее распределение, как правило, не представляется возможным.

Рассмотрим пример расчета отвала на слабом наклонном основании. Пусть отвал скальных пород отсыпан под углом естественного откоса, т. е. разрушение по первой схеме невозможно. Геометрические характеристики отвала, нагрузка и физико-механические свойства следующие (рис. 1): $\alpha = \varphi = 35^\circ$; $\gamma = 2,5 \text{ т/м}^3$; $C_1 = 0 \text{ т/м}^2$; $q = 3 \text{ т/м}$. Характеристики контакта: $\beta = 15^\circ$; $C' = 5 \text{ т/м}^2$; $\varphi' = 15^\circ$.

Перейдем к расчету отвала по второй схеме. В принципе, расчет такого отвала полностью идентичен примерам на анизотропный и подработанный откос, рассмотренным в предыдущих частях. Единственное дополнение заключается в пригрузке площадки отвала. Однако никаких принципиальных трудностей пригрузка не вызывает. Её действие учитывается при суммировании сил под площадкой следующим образом:

$$\int_{H/k}^{H/k+h/\tan(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2})} \left[\gamma \left(H - \left(H - h + \tan\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right) \left(x - \frac{H}{k} \right) \right) + \frac{q}{\gamma} \right) \left(\sqrt{1 + f^2} \right) \right] dx,$$

где h – глубина поверхности скольжения на стыке участков откоса и бермы.

По результатам численного решения примера определены геометрические параметры наиболее слабой поверхности скольжения и предельная высота отвала. Результаты представлены в виде вектора определяемых параметров: $\{\lambda, s, d, h, h_1, x_0, \tan \psi, H\}^T = \{0,88, 1,53, 21,17, 7,36, 48,97, 1,07, 53,76\}^T$ (d, h_1 – соответственно масштабный коэффициент и глубина поверхности скольжения на стыке откоса и площадки, остальные обозначения см. ранее). Поверхность скольжения приведена на рис. 2.

В заключение отметим, что если бы породы отвала обладали сцеплением, отыскание поверхности скольжения необходимо было бы производить при $n = 1$, т. е. $\lambda = C/\gamma$.

Рассмотрим теперь пример расчета отвала по третьей схеме. Расчет по этой схеме является наиболее сложным и включает в себя практически все элементы и приемы расчета, рассмотренные в предыдущих частях. Дело в том, что поверхность скольжения будет проходить как под

* Первая часть статьи опубликована в вып. 4(40) за 2015 г., с. 45–57.

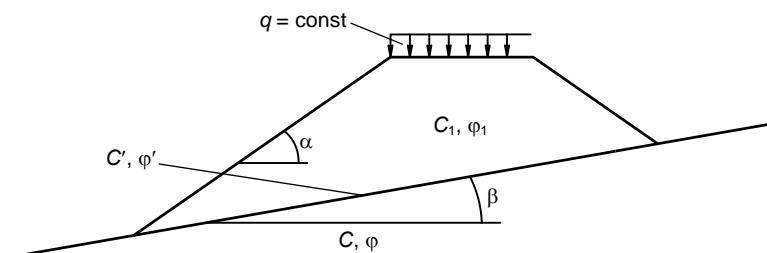


Рисунок 1. Схема отвала на слабом наклонном основании / Figure 1. Scheme of dump on the weak inclined base.

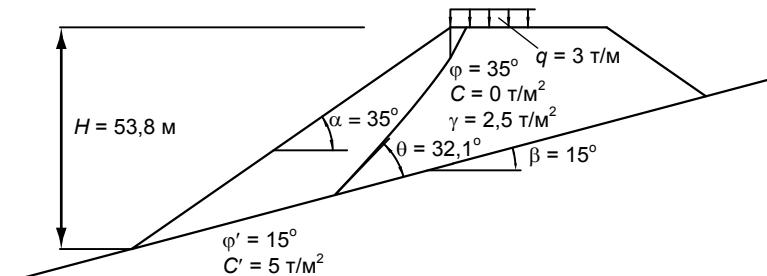


Рисунок 2. Расчет отвала на наклонном основании / Figure 2. Calculation of dump on the inclined base.

откосом отвала, так и под откосом основания, угол наклона которого в пределе может быть равен нулю. Ранее приходилось рассматривать лишь откосы с углом, превышающим угол внутреннего трения пород. В связи с этим возникают некоторые особенности расчета, которые рассмотрим по порядку.

Будем считать, что угол наклона откоса основания меньше угла внутреннего трения слагающих его пород, т. е. $0 \leq \alpha_1 \leq \phi$. В противном случае рассматриваемая задача будет сводиться к задаче по расчету неоднородного откоса, которая была рассмотрена в предыдущих частях. Кроме того, угол наклона откоса основания должен быть менее угла трения пород отвала по породам основания.

При построении поверхностей скольжения в однородных свободных откосах и определении их предельных параметров был введен некоторый коэффициент λ , обеспечивающий выполнение условия предельного равновесия и определяющий предельные параметры откосов. Когда рассматривается участок выпора пород с углом откоса, меньшим угла внутреннего трения пород основания, очевидно, условие предельного равновесия должно выполняться автоматически, т. е. $n = 1$ (см. ранее), подобно тому, как и на участке под верхней бермой принималось $n = 1$.

Итак, начиная с точки, находящейся на некотором удалении от нижней бровки отвала до точки, соответствующей нижней бровке отвала, при выполнении условия $\alpha_1 \leq \phi$ поверхность скольжения описывается известным уравнением (так как $n = 1$, λ заменяется на C/γ):

$$k_1 x - y_1 = \frac{C}{\gamma} \cdot \frac{(k_1 f - 1)y_1^2 + 2(k_1 + f)y_1' + 1 - k_1 f}{fy_1'^2 - 2f^2 y_1' + k_1 - f + k_1 f^2},$$

$$-\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\alpha_1 + \phi}{2}\right) \leq y_1' \leq \phi. \quad (1)$$

Построение поверхности скольжения на этом участке имеет некоторую особенность, связанную с тем, что $\alpha_1 \leq \phi$. Дело в том, что функция (1) имеет разрыв в точке

$$p = f - \sqrt{\frac{(f - k_1)(1 + f^2)}{f}},$$

где p – параметр интегрирования (по сути, производная функции поверхности скольжения).

В случае, когда $\alpha_1 > \phi$, разрыва функции нет, т. е. как и в рассмотренных ранее задачах, например, на однородный откос.

Разрыв функции будет иметь место при выполнении условия: $0 < \alpha_1 < \phi$. При этом точка разрыва (угол наклона поверхности скольжения) в зависимости от угла внутреннего трения и угла откоса находится в интервале: $[-\pi/4 - \phi/2] \leq \theta \leq \phi$. Точка разрыва θ является максимальным значением угла поверхности скольжения на этом интервале, определяется глубиной расположения поверхности скольжения на стыке участков откосов отвала и откоса основания и не может превышать значения $\arctg p$.

Следующий участок поверхности скольжения (второй) находится под откосом отвала, а сама поверхность скольжения пока проходит по породам основания отвала. Так как в точке под нижней бровкой отвала $\theta < \phi$, то поверхность скольжения на рассматриваемом участке описывается уравнением:

$$kx - y_2 = \frac{\left[\lambda(kf - 1) + Af^2\right]y_2^2 + 2\left[\lambda(k + f) + Af\right]y_2' + \lambda(1 - kf) + A}{fy_2'^2 - 2f^2 y_2' + k - f + kf^2}. \quad (2)$$

Если в уравнении (2) положить $A = 0$ и принять $\lambda \equiv C/\gamma$ или, что то же самое, воспользоваться условием трансверсальности на пересечении с откосом, то получим уравнение (1).

Условие на стыке участков откоса отвала и откоса основания получим при рассмотрении разрывной вариационной задачи второго рода при условии равенства ординат по обе стороны от стыка (Лаврентьев М. А., Люстерник Л. А. Курс вариационного исчисления. 2-е изд. М.: Гостехиздат, 1950. 296 с.):

$$\frac{h_1(1 + f^2) + \frac{C}{\gamma}(f - 2 \operatorname{tg} \psi_1 - f \operatorname{tg}^2 \psi_1)}{(1 + f \operatorname{tg} \psi_1)^2} = \frac{h_1(1 + f^2) + \lambda(f - 2 \operatorname{tg} \psi_2 - f \operatorname{tg}^2 \psi_2)}{(1 + f \operatorname{tg} \psi_2)^2}.$$

где h_1 – глубина точки излома; ψ_1, ψ_2 – углы наклона поверхности скольжения в точке преломления.

Заметим, что излом поверхности скольжения на стыке участков откоса отвала и откоса основания будет иметь место, если угол откоса отвала больше угла внутреннего трения пород отвала, а угол откоса основания меньше угла внутреннего трения пород основания. В противном случае излома поверхности не будет.

Далее на участке $\theta > \phi$ поверхность скольжения описывается уже известным уравнением:

$$kx - y_3 = (\lambda + B) \frac{(1 + y_3^2)^2}{2y_3'^3 - (k + 3f)y_3'^2 + 2kf y_3' + k - f},$$

где B – постоянная интегрирования.

Этим уравнением описывается поверхность скольжения на третьем участке, который продолжается до контакта основание-отвал. Далее, как и было показано в предыдущих частях работы, поверхность скольжения преломляется, после чего начинается четвертый участок. В случае если угол наклона поверхности скольжения после преломления превышает угол внутреннего трения пород отвала (если это не так, то появится еще

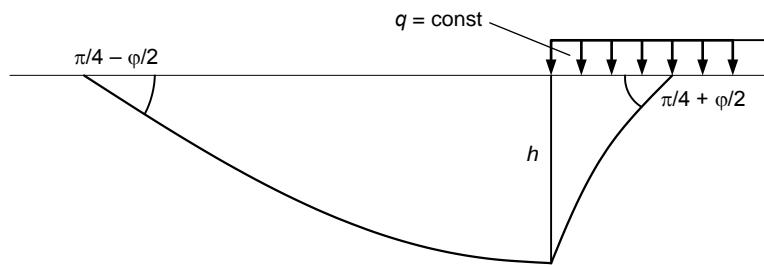


Рисунок 3. Расчет устойчивости основания / Figure 3. The calculation of base stability.

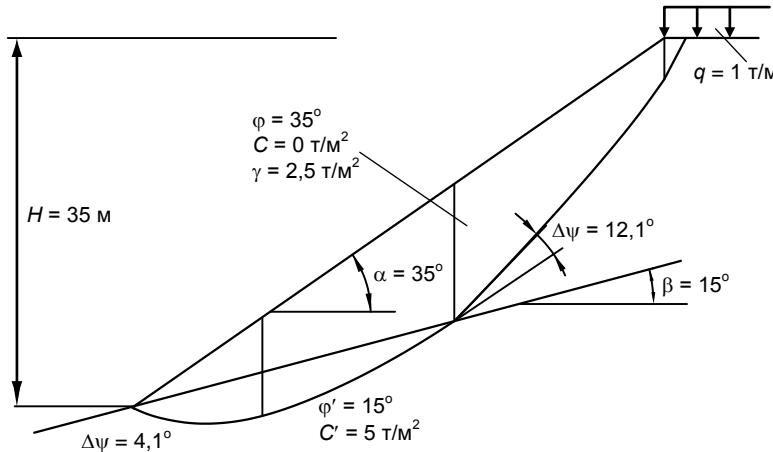


Рисунок 4. Расчет отвала на слабом наклонном основании / Figure 4. Calculation of dump on weak inclined base.

один участок, описываемый уравнением (2) с углом внутреннего трения, характеризующим породы отвала), поверхность скольжения опишется уже известным уравнением:

$$kx - y_4 = d \frac{(1 + y_4^2)^2}{2y_4^3 - (k + 3f_1)y_4^2 + 2kf_1y_4 + k - f_1},$$

где d – постоянная.

Условие в точке преломления поверхности скольжения на контакте основание–отвал при условии равенства объемных весов пород основания и отвала имеет вид:

$$\frac{\operatorname{tg} \psi_3 - \operatorname{tg} \varphi}{1 + \operatorname{tg}^2 \psi_3} - \frac{\operatorname{tg} \psi_4 - \operatorname{tg} \varphi_1}{1 + \operatorname{tg}^2 \psi_4} + \left(\operatorname{tg} \beta - \operatorname{tg} \psi_3 \right) \frac{1 + 2 \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \psi_3 - \operatorname{tg}^2 \psi_3}{\left(1 + \operatorname{tg}^2 \psi_3 \right)^2} - \left(\operatorname{tg} \beta - \operatorname{tg} \psi_4 \right) \frac{1 + 2 \operatorname{tg} \varphi_1 \operatorname{tg} \psi_4 - \operatorname{tg}^2 \psi_4}{\left(1 + \operatorname{tg}^2 \psi_4 \right)^2} = \frac{\lambda (1 - C_1 / C)}{h_2},$$

где ψ_3, ψ_4 – соответственно угол наклона поверхности скольжения до преломления в основании отвала и после преломления в породах отвала; β – угол наклона контакта основание–отвал в точке преломления; h_2 – глубина точки излома; C_1, C – соответственно сцепление пород отвала и основания; φ_1, φ – соответственно углы внутреннего трения пород отвала и основания.

Заметим, что если сцепления пород отвала и основания равны нулю, то правая часть условия преломления поверхности скольжения также равна нулю.

Все остальные уравнения и параметры определяются подобно тому, как в задачах на неоднородный и подработанный откос, а также из примера отвала на наклонном основании.

Рассмотрим частный случай – горизонтальное основание под действием равномерно распределенной нагрузки q (рис. 3).

Для откосов, угол наклона которых превышает угол внутреннего

трения, поверхность скольжения состоит из трех участков, на каждом из которых свое условие равновесия или устойчивости. Для оснований (угол откоса равен нулю) средний участок поверхности скольжения будет отсутствовать, так как не выполняется критерий. Таким образом, поверхность скольжения для основания состоит из двух участков, причем для обоих участков необходимо принять $n = 1$. Нагруженный участок подобен вертикальному откосу – участок горизонтальной бермы, а ненагруженный участок – участку выпора. Глубина точки излома поверхности скольжения h является параметром, изменения который, отыскиваем поверхность скольжения с максимальной разницей сдвигающих и удерживающих призму смещения сил. Аналогично для наклонного основания глубину точки излома на стыке участков откоса отвала и откоса основания h_1 можно принять в качестве изменяемого параметра.

Рассмотрим пример расчета нагруженного отвала ($q = 1 \text{ т/м}$) с геометрическими параметрами: $\alpha = 35^\circ$; $H = 35 \text{ м}$ и физико-механическими свойствами: $\varphi = 35^\circ$; $\gamma = 2.5 \text{ т/м}^3$; $C = 0 \text{ т/м}^2$, отсыпанного на слабое наклонное основание, обладающее физико-механическими характеристиками: $\varphi = 15^\circ$; $\gamma = 2.5 \text{ т/м}^3$; $C = 5 \text{ т/м}^2$.

По результатам численного решения определены следующие геометрические параметры:

$$\left\{ h_1, h_2, h_3, \psi_1, \psi_2, \psi_3, \psi_4, \psi_5, \lambda, d, A, B \right\}^T = \left\{ 0, 22, 13, 05, 3, 91, 29, 6, -25, 5, 34, 0, 46, 1, 56, 8, 2, 42, 0, 74, 1, 11, 1, 37 \right\}^T,$$

где h_3 – глубина поверхности скольжения на стыке участков откоса отвала и горизонтальной площадки; ψ_5 – угол наклона поверхности скольжения на стыке участков откоса отвала и горизонтальной площадки (со стороны откоса).

На рис. 4 представлен пример расчета устойчивости отвала с выполнением основания. Отметим, что показанная на рис. 4 поверхность скольжения является предельной, но не является наиболее слабой, как отмечалось выше, критическую поверхность скольжения необходимо отыскать перебором параметра, например h_1 .

Андрей Викторович Жабко,
zhabkoav@mail.ru
Уральский государственный горный университет
Россия, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

Andrey Viktorovich Zhabko,
zhabkoav@mail.ru
Ural State Mining University
Ekaterinburg, Russia

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 622.271:625.7

DOI 10.21440/2307-2091-2016-3-70-73

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА КАРЬЕРНЫХ АВТОДОРОГ

Ю. И. Лель, С. А. Арефьев, А. В. Глебов, Д. Х. Ильбульдин

The issue of quality assessment of quarry roads

Yu. I. Lel', S. A. Aref'ev, A. V. Glebov, D. Kh. Il'buldin

As a result of studies the authors determined interrelation and area of application of the basic indicators of quality of career roads: rolling resistance, road pavement durability and deformability of road pavement. In the conditions of career «Yubileynyy» of «ALROSA» company and JSC «Uralasbest» the authors proposed and tested the method for estimating rolling resistance coefficient of dump trucks by consumption of diesel fuel using fuel consumption monitoring devices FMS and electronic combustion engine controllers. Authors also established close regression relationships of coefficients of rolling resistance with coefficients of road pavement durability and relative deformability of pavements. The research proves that insufficiency of pavements strength provides a good explanation for a large variation (change of 1.8...2.0-fold) and low stability over time of rolling resistance coefficient on quarry roads with the same type of coating. Obtaining a reliable assessment of the rolling resistance coefficients is possible only under the normative values of durability coefficients ($k_{dur} \geq 0,95$), which can be ensured by sealing road pavements. In order to improve quality of quarry roads and reduce their construction costs the authors propose sealing technology with the use of pit dump trucks without excluding them from the technological cycle. The technology consists in strict compliance with sealing modes by adjusting the number of passes of cars on the road width, speed and load of dump trucks. The technology was tested at the experimental site of career of JSC «Uralasbest». The article contains the developed technological regulations of sealing macadam road pavements by dump trucks with carrying capacity of 130 tons; as well as the dependences of road pavement density and durability ratio from the number of dump trucks passes over one track. 15–20 passes of car on compaction area provide the regulatory road pavement quality indicators ($k_{dur} \geq 0,95$).

Keywords: rolling resistance; the strength of road pavement; deformity of road pavement; expenditure of diesel fuel; sealing of road pavement; the number of dump truck passes.

В результате исследований установлены взаимосвязь и область применения основных показателей качества карьерных автодорог: сопротивления качению, прочности дорожной одежды и деформированности дорожного покрытия. Предложен и апробирован в условиях карьера «Юбилейный» АК АЛРОСА и ОАО «Ураласбест» метод оценки коэффициентов сопротивления качению автосамосвалов по расходу дизельного топлива с использованием приборов контроля расхода топлива FMS и электронных систем управления двигателями внутреннего сгорания. Установлены тесные регрессионные взаимосвязи коэффициентов сопротивления качению с коэффициентами прочности дорожной одежды и относительной деформируемостью дорожных покрытий. Доказано, что значительная вариация (изменение в 1,8–2,0 раза) и низкая стабильность во времени коэффициентов сопротивления качению на карьерных автодорогах с одним и тем же типом покрытия объясняется недостаточной прочностью дорожных покрытий. Достоверная оценка коэффициентов сопротивления качению можно получить только при нормативных значениях коэффициентов прочности ($k_{np} \geq 0,95$), которые обеспечиваются уплотнением дорожных одежд. С целью повышения качества карьерных автодорог и снижения затрат на их строительство предложена технология уплотнения с применением карьерных автосамосвалов без исключения их из технологического цикла. Технология заключается в строгом соблюдении режимов уплотнения путем регулирования количества проходов машин по ширине автодороги, скорости и загрузки автосамосвалов. Технология апробирована на опытном участке карьера ОАО «Ураласбест». Разработан технологический регламент уплотнения щебеночных дорожных одежд автосамосвалами грузоподъемностью 130 т. Получены зависимости плотности дорожной одежды и коэффициента прочности от количества проходов автосамосвалов по одному следу. Установлено, что нормативные показатели качества дорожной одежды ($k_{np} \geq 0,95$) обеспечиваются за 15–20 проходов машины по уплотненному участку.

Ключевые слова: сопротивление качению; прочность дорожной одежды; деформируемость дорожного покрытия; расход дизельного топлива; уплотнение дорожной одежды; количество проходов автосамосвала.

Основным показателем качества дорожных покрытий, используемым при эксплуатационных расчетах карьерного автотранспорта, является коэффициент сопротивления качению ω_0 [1]. Сопротивление качению по деформируемой поверхности карьерных автодорог представляет собой сложный физико-механический процесс, протекание которого зависит от типа, конструкции и состояния покрытия, совокупности его транспортно-эксплуатационных качеств, давления воздуха в шинах, рисунка протектора и степени его изношенности, удельного давления на поверхность покрытия и скорости движения. Поскольку удельное сопротивление качению стохастически изменяется в динамике движения автосамосвала по реальной трассе, то расчетным путем можно получить лишь усредненное его значение. Основным экспериментальным методом оценки коэффициента сопро-

тивления качению является метод свободного выбега (движение автосамосвала накатом до полной остановки). Однако его применение в производственных условиях ограничено недостаточной протяженностью горизонтальных участков автодорог в рабочей зоне карьеров. С внедрением на автотранспорте приборов контроля расхода топлива FMS, а также электронных систем управления ДВС получает распространение оценка коэффициента сопротивления качению по расходу дизельного топлива [2, 3]. Такой метод был использован авторами для оценки коэффициентов сопротивления качению в условиях карьеров ОАО «Ураласбест» и АК АЛРОСА (ПАО). В табл. 1 в качестве примера приведены результаты замеров расхода топлива электронной системой, необходимые для оценки коэффициента сопротивления качению. Исследования проведены кафедрой РМОС УГГУ в условиях карьера «Юбилейный» АК АЛРОСА (ПАО) [2].

Коэффициент сопротивления качению ω_0 определяется из выражения

$$\omega_0 = \frac{3,67 \cdot 10^2 v_i^{-1} g_i \eta_r \eta_k \rho}{g_n (G_a + k_r G)} - i,$$

Расчет производится в следующей последовательности.

1. Уточняется удельный расход топлива при номинальной нагрузке двигателя g_n , г/(кВт × ч):

$$g_n = g_i \rho \cdot 10^3 / N_d,$$

где g_i – удельный расход топлива в режиме подъема груза, л/ч; ρ – плотность топлива, кг/л; N_d – номинальная мощность двигателя, кВт.

Получаем $g_n = 220,2$ г/(кВт × ч).

Разница между фиксируемыми и паспортными значениями g_n составляет 6,7 % при допускаемом отклонении $\pm 10\%$.

2. Определяется коэффициент полезного действия трансмиссии автосамосвала

$$\eta_a = N / N_d,$$

где N – мощность, снимаемая с электродвигателей мотор-колес, кВт; $\eta_a = 0,9$.

3. Рассчитываем: $\omega_0 = 0,027$.

Предлагаемый метод оценки ω_0 имеет явные преимущества по сравнению с аналогичным методом, рекомендуемым ИГД УрО РАН [3], так

Таблица 1. Эксплуатационные показатели автосамосвалов Unit Rig MT-3300DC.

	Показатели	Значение
Паспортные показатели		
Грузоподъемность автосамосвала G , т		136
Собственная масса автосамосвала G_a , т		105,216
Паспортная загрузка автосамосвала $k_p G$, т		122,4
Коэффициент использования грузоподъемности k_f		0,9
Модель двигателя		Cummins QSK-45
Номинальная мощность двигателя N_d , кВт		1103
Удельный расход топлива при номинальной нагрузке двигателя g_n , г/(кВт × ч)		206 ± 10 %
Средняя плотность топлива ρ , кг/л		0,841
Коэффициент полезного действия колеса η_k		0,9
Тип дорожного покрытия		Щебеночное (Ш)
Уклон автодороги i , доли ед.		0,08
Показатели, регистрируемые электронной системой ДВС		
Скорость груженого автосамосвала v_i на уклоне $i = 0,08$, км/ч		13,5
Мощность, снимаемая с электродвигателей мотор-колес N , кВт		992,7
Удельный расход топлива в режиме:		
подъема груза g_p , л/ч		288,83
холостого хода g_x при $n = 800$ мин ⁻¹ , л/ч		28,4
динамического торможения g'_x , л/ч		47,85

как позволяет более точно определить коэффициент полезного действия трансмиссии автосамосвала η_t и удельный расход топлива при номинальной нагрузке двигателя g_n .

В карьерных условиях коэффициент сопротивления качению изменяется от 0,013 до 0,054 в зависимости от типа и состояния дорожного покрытия, грузоподъемности автосамосвала, скорости движения и других факторов. Установлено, что коэффициент ω_0 в интервале скоростей 10–35 км/ч, наиболее характерных для внутрикарьерных перевозок, изменяется незначительно и для практических расчетов может быть принят постоянным. На временных автодорогах ω_0 в 2,0–2,5 раза выше, чем на постоянных со щебеночным покрытием. При отсутствии фактических данных рекомендуется принимать средние значения ω_0 в зависимости от типа дорожного покрытия и грузоподъемности автосамосвалов, установленные в типичных условиях рудных карьеров [1]. Величину коэффициента сопротивления качению порожних автосамосвалов ω'_0 по данным экспериментальных исследований рекомендуется принимать на 15–20 % выше, чем гружёных [1]:

$$\omega'_0 \approx (1,15 - 1,20)\omega_0.$$

Однако при всей универсальности коэффициент сопротивления качению недостаточно всесторонне характеризует качество дорожного покрытия. Исследованиями установлено, что для одного и того же типа покрытия в зависимости от его состояния коэффициент сопротивления качению имеет большую вариацию (изменяется в 1,8–2,0 раза) и низкую стабильность во времени [4]. В связи с этим при проектировании, строительстве и эксплуатации карьерных автодорог используются дополнительные показатели качества, такие, как прочность дорожной одежды и деформированность дорожного покрытия. В то же время в технической литературе отсутствуют исследования, устанавливающие взаимосвязь этих показателей с сопротивлением качению.

Коэффициент прочности дорожной одежды k_{np} – это отношение фактического модуля упругости дорожной одежды на период оценки к требуемому модулю упругости, определенному по интенсивности и составу транспортного потока на расчетный год, предусмотренный в проекте:

$$k_{np} \geq E_\phi / E_{tp},$$

где E_ϕ – фактический модуль упругости дорожной одежды, МПа; E_{tp} – требуемый модуль упругости, МПа.

Фактический модуль упругости определяется по величине упругой деформации

$$E_\phi = \frac{\pi p D (1 - \mu^2)}{4l},$$

где μ – коэффициент Пуассона, среднее значение которого при определении общего модуля упругости слоистой конструкции принимается $\mu = 0,3$; p – удельное давление на покрытие, МПа; l – упругая деформация, см; D – диаметр отпечатка заднего колеса груженого автосамосвала, см.

Значения требуемого модуля упругости определяются по формуле [5]:

$$E_{tp} = 85(\lg \Sigma N - 0,015h) - 218,$$

где ΣN – число проходов задней оси расчетного автомобиля (БелАЗ-548А) за срок службы дорожной одежды для постоянных дорог или за срок использования для временных дорог; h – толщина дорожной одежды, см.

ЗАО «Промтранснипроект» рекомендованы нормативные значения k_{np} для различных категорий автодорог и типов дорожных одежд, которые изменяются в пределах 0,70–1,20 [5].

Относительная деформируемость дорожного покрытия определяется по формуле

$$r = S_d / S_{общ},$$

где S_d – площадь участков с деформированной проезжей частью, м²; $S_{общ}$ – общая площадь опытного участка, м². Оценка деформируемости производится по трехбалльной шкале СоюздорНИИ [6].

Исследованиями канд. техн. наук С. В. Богомолова были установлены тесные регрессионные взаимосвязи коэффициента прочности щебеночных дорожных одежд и коэффициента сопротивления качению с показателями деформируемости [4]:

$$k_{np} \approx 0,615 / (r + 0,41) \quad (R = 0,86); \quad \omega_0 \approx 0,034 / (1,484 - r) \quad (R = 0,80).$$

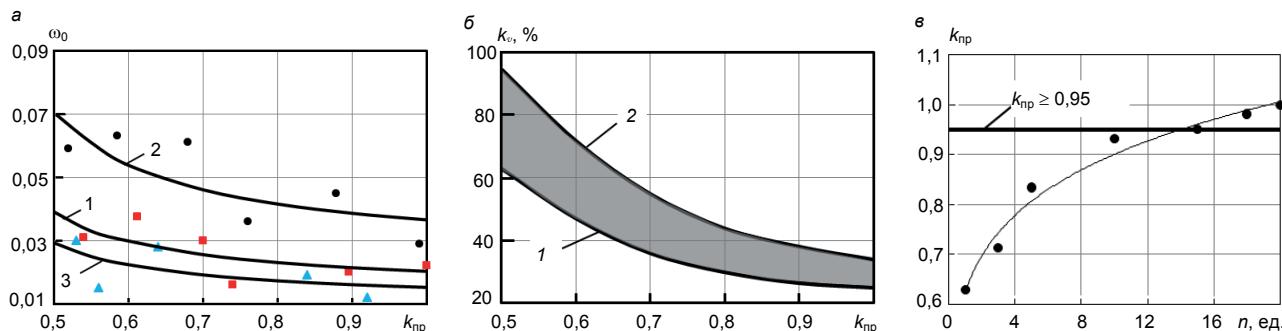
Экспериментальной проверкой установлено, что более универсальный характер будет иметь зависимость

$$\omega_0 \approx 0,026 k_{np} / (1,484 - r),$$

где k_{np} – коэффициент, учитывающий тип дорожного покрытия ($k_{np} = 0,75$ –0,80 – для постоянных автодорог с асфальтобетонным покрытием; $k_{np} = 1,0$ – для постоянных автодорог со щебеночным покрытием; $k_{np} = 1,8$ –2,0 – для временных автодорог).

На основании проведенных исследований была установлена зависимость коэффициента сопротивления качению от коэффициента прочности дорожного покрытия [7]

$$\omega_0 \approx 0,026 k_{np} / (1,894 - 0,615 k_{np}^{-1}) \quad (R = 0,84).$$



Зависимости коэффициентов. а – сопротивления качению ω_0 от коэффициента прочности дорожного покрытия k_{np} ; 1 – щебеночное покрытие; 2 – временные автодороги; 3 – асфальтобетонное покрытие; б – вариации сопротивления качению k_e , %, от коэффициента прочности дорожного покрытия k_{np} : 1 – постоянные автодороги со щебеночным покрытием; 2 – временные автодороги; в – прочности дорожной одежды k_{np} от количества проходов автосамосвалов по одному следу n , ед. / The dependence of the rolling resistance coefficient from the road pavement coefficient of durability; the dependence of the variation rolling resistance coefficient from the road pavement coefficient of durability; the dependence of the durability of road pavement from the number of dump trucks passes on one track.

Экспериментальные зависимости ω_0 от k_{np} приведены на рис., а.

Физическую взаимосвязь между коэффициентом сопротивления качению и коэффициентом прочности дорожной одежды можно интерпретировать следующим образом. Например, построено два участка карьерной автодороги со щебеночным покрытием, характеризующихся различными коэффициентами прочности дорожной одежды, $k_{np2} > k_{np1}$.

Участки имеют различные нормативные сроки службы, $T_2 > T_1$. В период сдачи участков в эксплуатацию коэффициенты сопротивления качению на них имеют примерно одинаковые значения $\omega_{01} \approx \omega_{02} \approx \omega_0$. Во время эксплуатации дороги коэффициенты сопротивления увеличиваются и за нормативный период достигают предельного значения ω_{0np} , при котором необходим ремонт дорожной одежды [8, 9]. При этом на участке с наименьшим коэффициентом прочности это происходит значительно быстрее. Коэффициент прочности характеризует способность дорожной одежды сохранять приемлемые транспортно-эксплуатационные качества в течение определенного (нормативного) срока эксплуатации. Таким образом, область применения ω_0 – это оценка текущего состояния дорожного покрытия, эксплуатационные расчеты карьерного автотранспорта, оценка и выбор автомобильных трасс. Областью применения k_{np} являются обоснование и расчет конструкций дорожных одежд и технологии строительства карьерных автодорог. При этом достоверная оценка коэффициентов сопротивления качению может быть получена только при нормативных значениях коэффициентов прочности, которые можно обеспечить за счет уплотнения дорожных одежд. Зависимость коэффициента вариации сопротивления качению от коэффициента прочности дорожного покрытия представлена на рис., б.

В настоящее время на большинстве отечественных карьеров не предусматривается проведение специальных работ по уплотнению дорожной одежды. Там, где указанные работы производятся, используется специальное дорогостоящее импортное оборудование – грунтовые и пневмоколесные катки в широкозахватном исполнении. При этом движение автосамосвалов на уплотняемых участках перекрывается и они на длительные периоды исключаются из технологического цикла. С целью повышения качества карьерных автодорог и снижения затрат на их строительство авторами предложена технология уплотнения с применением карьерных самосвалов без исключения их из технологического цикла [7].

Технология заключается в строгом соблюдении режимов уплотнения путем регулирования количества проходов машин по ширине автодороги, скорости и загрузки автосамосвалов и состоит из трех стадий:

– подкатка на малой скорости с минимальной загрузкой для уплотнения поверхностного слоя и придания ему требуемой плотности;

– укатки или непосредственного уплотнения слоя дорожной одежды на необходимую глубину при постепенном увеличении скорости движения и загрузки автосамосвалов;

– расклинцовки или окончательного уплотнения, производимого на минимальной скорости с максимальной нагрузкой.

Направления движения машин, скорости (от 2 до 10–15 км/ч), загрузка (от 50 до 100 %) и количество проходов по одному следу n регулируются в соответствии с разработанной методикой (табл. 2).

Для апробации предложенной технологии был построен опытный участок автодороги на карьере ОАО «Ураласбест». После строительства участка была произведена оценка его транспортно-эксплуатационных качеств путем сравнения с аналогичными показателями на контрольном участке, построенном по старой технологии.

В качестве критерии оценки использовались плотность слоев дорожной одежды ρ_ϕ , г/см³, и коэффициент прочности k_{np} . Оценка производилась с помощью баллонного плотномера ПБД-КМ, высокоточных нивелиров Н-05 и SDL-50 и дорожной рейки РДУ-Кондор.

С целью определения количества проходов n , необходимых для достижения требуемого коэффициента прочности дорожной одежды $k_{np} \geq 0,95$, после 2–3 проходов по одному следу осуществлялся расчет фактической плотности и модуля упругости дорожной одежды. Получены следующие регрессионные зависимости: $\rho_\phi = 1,76n^{0.14}$; $k_{np} = 0,62n^{0.17}$. Зависимости характеризуются высокими значениями коэффициентов регрессии $R = 0,977–0,986$.

Зависимость коэффициента прочности дорожной одежды от количества проходов автосамосвалов приведена на рис., в. Установлено, что требуемые показатели качества дорожной одежды обеспечиваются за 15–20 проходов машины по уплотняемому участку.

Испытания показали, что опытный участок по сравнению с контрольным характеризовался более устойчивыми показателями качества и не потребовал в течение года дополнительных затрат на содержание и ремонт. В то же время для обеспечения нормальной эксплуатации контрольного участка потребовалось затратить дополнительно 4,7 тыс. т щебня.

Таблица 2. Технологический регламент уплотнения дорожных одежд постоянных автодорог в карьере ОАО «Ураласбест» автосамосвалами грузоподъемностью 130 т.

Стадия уплотнения	Регламентируемые параметры					
	Загрузка автосамосвала, %	Скорость движения, км/ч	Толщина уплотняемого слоя, м	Количество, ед. машин для уплотнения	Время уплотнения, ч	Проходов по одному следу
Подкатка поверхностного слоя	0	2	0,3	2*	2	1,2
Укатка или уплотнение на глубину	50	5	До 0,5	2	5–8	3,8
	75	10	До 0,7		5–8	
Расклинцовка или окончательное уплотнение	100	2	До 0,5	2	3–6	1,2–3,0

*Для эффективного перекрытия предыдущего прохода автосамосвала последующим необходимо использовать не менее двух машин. Протяженность участка 200 м, ширина дороги 20 м

Фактический экономический эффект от внедрения разработанной технологии строительства и уплотнения автодорог в условиях ОАО «Ураласбест» составил 455 тыс. руб., ожидаемый – 2,3 млн руб. на 1 км автодороги.

Установленные взаимосвязи показателей качества карьерных автодорог позволяют повысить обоснованность эксплуатационных расчетов карьерного автотранспорта и расчетов конструкций дорожных одежд при проектировании карьеров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Смирнов В. П., Лель Ю. И. Теория карьерного большегрузного автотранспорта. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. 355 с.
2. Разработка удельных норм расхода топлива технологическим транспортом на карьере «Юбилейный»: отчет о НИР (заключит.) / УГГУ; рук. Лель Ю. И. Екатеринбург, 2007. 224 с.
3. Яковлев В. Л., Тарасов П. И., Журавлев А. Г. Новые специализированные виды транспорта для горных работ. Екатеринбург: УрО РАН, 2011. 375 с.
4. Богомолов С. В. Обоснование параметров временных технологических автодорог на угольных разрезах: дис. ... канд. техн. наук. М.: МГИ, 1992. 237 с.
5. Сидяков В. А., Колчанов А. Г. Стенин Ю. В. Карьерные автомобильные дороги. М.: ООО «Издательский дом «Недра», 2011. 144 с.
6. Сильянов В. В. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог. М.: Транспорт, 1987. 207 с.
7. Арефьев С. А. Оценка и обоснование рациональных дорожных условий эксплуатации карьерных автосамосвалов большой грузоподъемности: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Екатеринбург: УГГУ, 2015. 20 с.
8. Atkinson T., Walton G. Design and Layout of haul road for surface mines // Surface Mining and Quarrying. Pap.: 2nd Int. Symp. (Bristol, 4–6 Oct., 1983).

London, 1983. P. 369–381.

9. Williamson O. C. Haul road design for off-highway mining equipment // World Mining Equip. 1987. Vol. 12, № 3. P. 24–26.

REFERENCES

1. Smirnov V. P., Lel' Yu. I. 2002, *Teoriya kar'ernogo bol'shegruznoego avtotsporta* [The theory of quarry heavy trucks], Ekaterinburg, 355 p.
2. 2007, *Razrabotka udel'nykh norm raskhoda topiva tekhnologicheskim transportom na kar'ere «Yubileynyy»: Otchet o NIR (zaklyuchit.)* [Development of specific norms of technological transport fuel consumption in the «Yubileynyy» quarry: Research report (concluded)], Ekaterinburg, 224 p.
3. Yakovlev V. L., Tarasov P. I., Zhuravlev A. G. 2011, *Novye spetsializirovannye vidy transporta dlya gornykh rabot* [New types of specialized transport for mining operations], Ekaterinburg, 375 p.
4. Bogomolov S. V. 1992, *Obosnovanie parametrov vremennyykh tekhnologicheskikh avtodorog na ugo'lnykh razrezakh. Dis. ... kand. tekhn. nauk* [Substantiation of parameters of temporary technological roads on coal cuts. The dissertation of the candidate of technical sciences], Moscow, 237 p.
5. Sidiakov V. A., Kolchanov A. G. Stenin Yu. V. 2011, *Kar'ernye avtomobil'nye dorogi* [Quarry roads], Moscow, 144 p.
6. Sil'yanov V. V. 1987, *Transportno-eksploatatsionnye kachestva avtomobil'nykh dorog* [Transport-operational qualities of roads], Moscow, 207 p.
7. Aref'ev S. A. 2015, *Otsenka i obosnovanie ratsional'nykh dorozhnykh usloviy eksploatatsii kar'ernykh avtosamosvalov bol'shoj gruzopod'emnosti: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk* [Estimation and substantiation of rational road conditions of exploitation of large capacity mining dump trucks. Synopsis of dissertation of the candidate of technical sciences], Ekaterinburg, 20 p.
8. Atkinson T., Walton G. 1983, Design and Layout of haul road for surface mines. «Surface Mining and Quarrying. Pap. 2nd Int. Symp. Bristol, 4–6 Oct., 1983», London, pp. 369–381.
9. Williamson Owen S. 1987, Haul road design for off-highway mining equipment. World Mining Equip, vol. 12, no. 3, pp. 24–26.

Юрий Иванович Лель,

Lel49@mail.ru

Степан Александрович Арефьев,

arefevs@yandex.ru

Уральский государственный горный университет

Россия, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

Глебов Андрей Валерьевич,

glebov@igduran.ru

Институт горного дела УрО РАН

Россия, Екатеринбург, ул. Мамина-Сибиряка, 58

Ильбульдин Давлят Хурматович,

Ilbuldin@yna.alrosa-mir.ru

НИИ «Якутнипроалмаз» АК «АЛРОСА»

Россия, Республика Саха (Якутия), Мирный, ул. Ленина, 39

Yuriy Ivanovich Lel',

Lel49@mail.ru

Stepan Aleksandrovich Aref'ev,

arefevs@yandex.ru

Ural State Mining University

Ekaterinburg, Russia

Andrey Valer'evich Glebov,

glebov@igduran.ru

Institute of Mining of the Ural Branch of Russian Academy of Sciences

Ekaterinburg, Russia

Davlyat Khurmatovich Il'bul'din,

Ilbuldin@yna.alrosa-mir.ru

Research and project Institute of diamond mining industry "Yakutniproalmaz"

Mirnyy, Russia

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ

Л. И. Андреева, Ю. Ю. Ушаков

Research of operational reliability of quarry dump trucks

L. I. Andreeva, Yu. Yu. Ushakov

Authors consider main indicators of reliability and longevity of quarry motor transport - the average mean time between failures and the average resource of dump trucks assemblies. The main part of failures of career motor transport classifies as sudden, caused, mostly, by the influence of the conditions and operating modes. Authors found out that the most unreliable parts of dump trucks BelAZ-75131, in terms of reliability, are motors. Studies have shown that a significant portion of the average recovery time accounts for waiting time of repair, caused by, mainly, the influence of organizational factors.

Operating experience of quarry dump trucks on mining enterprises showed that the mean time between failures of domestic cars is much lower than foreign analogues, which operate under similar conditions.

On an example of the Tugnusky mine (OJSC «SUEK») for the rapid assessment of the state of machines authors designed a visualized card of accounting technical condition of units and aggregates dump trucks, allowing site managers to set priorities in setting machines for repair and beforehand start material and financial preparation for its conducting. One can find a developed form of accounting results of the work of maintenance personnel, allowing the district mechanic to track the results of the repair teams in online mode.

The study determined that insufficient revolving fund provision of units and assemblies of machines leads to quite low levels of operational reliability of domestic trucks. This increases downtime of dump trucks in repair, waiting time of repair and, consequently, entails economic losses for the mining company.

On example of Komatsu HD-1200 authors calculated the direct and indirect losses from the dump downtime on one of the mining enterprises in the North-West region of Russia. The article contains reference conditions of their exploitation for determining the target operational reliability of quarry dump trucks.

Keywords: durability; resource; operating time; failure; malfunction; technical condition; maintenance and repair; reference-operating conditions.

Рассмотрены основные показатели безотказности и долговечности карьерного автотранспорта: средняя наработка на отказ и средний ресурс узлов автосамосвалов. Основная часть отказов карьерного автотранспорта относится к категории внезапных, обусловленных в основном влиянием условий и режимов эксплуатации. Установлено, что наиболее ненадежными агрегатами автосамосвалов БелАЗ-75131, с точки зрения безотказности, являются двигатели. Исследования показали, что значительная часть среднего времени восстановления приходится на время ожидания ремонта, обусловленного в основном влиянием организационных факторов. Опыт эксплуатации карьерных автосамосвалов на горнодобывающих предприятиях показал, что наработка на отказ отечественных машин значительно ниже зарубежных аналогов, которые эксплуатируются в аналогичных условиях. На примере разреза Тугнуский (ОАО «СУЭК») для оперативной оценки состояния машин разработана визуализированная карта учета технического состояния узлов и агрегатов автосамосвалов, позволяющая руководителям участка устанавливать приоритеты при постановке машин на ремонт и заблаговременно начинать материальную и финансовую подготовку к его проведению. Также разработана форма учета результатов работы ремонтного персонала, позволяющая участковому механику в оперативном режиме отслеживать результаты работы ремонтных бригад. Установлено, что недостаточно высокая обеспеченность оборотным фондом узлов и агрегатов машин обуславливает достаточно низкие показатели эксплуатационной надежности отечественных автосамосвалов. Это увеличивает простой автосамосвалов в ремонте, его ожидании и, соответственно, влечет экономические потери для горнодобывающего предприятия. На примере Komatsu HD-1200 произведен расчет прямых и косвенных потерь от простое автосамосвалов на одном из горнодобывающих предприятий Северо-Западного региона России. Для определения целевых показателей эксплуатационной надежности карьерных автосамосвалов приведены эталонные условия их эксплуатации.

Ключевые слова: долговечность; ресурс; наработка; отказ; неисправность; техническое состояние; техническое обслуживание и ремонт; эталонные условия эксплуатации.

Увеличение интенсивности эксплуатации автосамосвалов при неизменной технологии и организации технического обслуживания и ремонта сопровождается, как правило, краткосрочным ростом производительности, но с истечением времени этот рост замедляется, что обусловлено несвоевременной постановкой машин на техническое обслуживание и ремонт. Существенное повышение интенсивности эксплуатации при одновременном обеспечении приемлемых затрат на поддержание машин в работоспособном состоянии возможно за счет повышения надежности карьерного автотранспорта.

Установлено, что основными причинами, снижающими надежность карьерного автотранспорта, являются: качество дорожного покрытия; знакопеременные нагрузки, действующие в рабочих циклах при погрузке и транспортировании горной массы; остаточные напряжения как следствие сварочных работ; применение посадок с натягом и т. д.

Следует отметить, что надежность карьерного автотранспорта характеризуется, в первую очередь, его безотказностью и долговечностью

[1]. Свойство безотказности отражается несколькими показателями, основным из которых является средняя наработка на отказ.

Наработка на отказ отечественных машин значительно ниже зарубежных аналогов. Так, для автосамосвалов БелАЗ-7555 этот показатель составляет примерно 1200 км и для БелАЗ-75570 – 2600 км. Тогда как для импортных автосамосвалов, работающих в аналогичных условиях, этот же показатель составляет 4600 км для Komatsu HD-1200 и 9100 км для Terex TR 100.

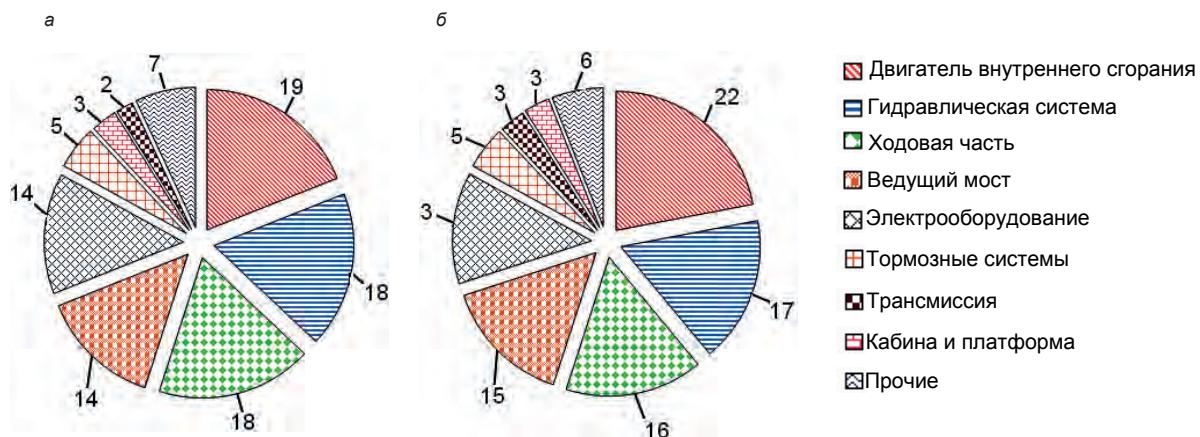
Основная часть отказов карьерного автотранспорта относится к категории внезапных, обусловленных в основном влиянием условий эксплуатации. Для автосамосвалов БелАЗ-7555 внезапные отказы проявляются главным образом при пробеге до 20 тыс. км. В интервале пробега 20–80 тыс. км проявляются отказы с признаками естественного износа. Причем основная часть отказов проявляется при пробеге до 60 тыс. км. Средняя наработка до первого капитального ремонта двигателей ЯМЗ-845 находится в пределах 38–42 тыс. км. Несколько ниже этот показатель для гидромеханической передачи – 39,6 тыс. км, подвески – 24,1 тыс. км, редуктора колесной передачи – 23,3 тыс. км.

С точки зрения безотказности, наиболее ненадежными агрегатами автосамосвалов БелАЗ-75131 являются двигатели (рис., табл. 1).

На двигатели, как показали исследования, приходится 18–20 % отказов, в том числе на систему охлаждения – 11 %, на газораспределительный механизм – 32 %, на систему смазки – 5 %, шатунно-кривошипный механизм – 16 %, на систему питания – 30 %, на стартер и генератор – 7 %. Наибольшая доля отказов проявляется в интервале наработки 15–25 тыс. км. Характерными из них являются прогорание или прорыв прокладок головок блока, выпадение или коробление седел клапанов, износ сальникового уплотнения вала водяного насоса, обрыв или прогорание поршней и др. В целом по узлам и системам двигателей преобладают внезапные отказы, составляющие 60 % от общих.

На долю гидравлической системы приходится 18 % отказов, в том числе неисправности с признаками естественного износа не превышают 45 %. Низкий уровень надежности узлов подвески, ходовой части и электрооборудования: ходовая часть – 18 % отказов, ведущий мост – 14 % и электрооборудование – 14 %.

Вместе с тем при эксплуатации карьерного автотранспорта имеют место многочисленные случаи повреждений и разрушений деталей, узлов, элементов конструкций, что резко снижает надежность машин. Это подтверждается результатами исследований показателей эксплуатации парка автосамосвалов на различных горных предприятиях, в частности на открытых горных работах в условиях Севера и Сибири. При этом особый интерес вызывают прочность и надежность несущих рам. Это обусловлено тем, что при сравнительно низких значениях параметра потока отказов повреждения и разрушения рам приводят к значительным потерям ресурсов. Так, например, в условиях предприятия «Якутуголь» отказы металлоконструкций автосамосвалов приводят к потерям около



Распределение отказов – а и времени простоя в ремонте – б автосамосвалов БелАЗ-75131, % / Figure 1. The distribution of failures (a) and downtime in repairing (b) of dump trucks BelAZ-75131.

Таблица 1. Перечень основных неисправностей ДВС.

Неисправность	Количество неисправных ДВС, ед.	Средний пробег, тыс. км
Проворот вкладышей коленчатого вала	23	17,0
Выброс воды	3	21,7
Перегрев	2	23,1
Излом коленчатого вала	4	2,0
Износ поршневой группы	5	28,8

7 % фонда рабочего времени. В то же время установлено, что тяжесть последствий отказов металлоконструкций (материальные и финансовые затраты) достигает 80 % общих затрат на текущие ремонты [2].

Характерно, что для отечественных автосамосвалов имеет место достаточно длительный период «приработки» (пробег до 40 тыс. км), что свидетельствует о недостатках в организации их сборки и наладки.

Показатели среднего ресурса (в тыс. км) некоторых наиболее слабых узлов автосамосвала БелАЗ-7555 следующие:

- шкворни – 30–50;
- рычаги задней подвески – 26–65;
- 3-я поперечина рамы – 25–52;
- рулевые тяги – 30–43;
- редуктор мотор-колеса – 35–61;
- тяговый электродвигатель – 34–47.

В целом, отечественные автосамосвалы по основным показателям безотказности и долговечности уступают автомобилям зарубежного производства различных марок в 1,3–2,2 раза.

Для надежного достижения высоких показателей производительности автосамосвалов необходимо в постоянном режиме отслеживать техническое состояние эксплуатируемого автотранспорта и поддерживать его на нормальном уровне. С этой целью на предприятиях (ОАО «Разрез Тугнуйский», АО «Ковдорский ГОК») осваивается учет технического состояния основных узлов и агрегатов автосамосвалов: двигателей внутреннего сгорания, редукторов мотор-колеса, колес, генераторов тяговых и т. д. Данный вид учета ведется механиками на линии, которые в

течение смены оценивают техническое состояние каждого автосамосвала, а по ее окончании заполняют форму учета, представленную в табл. 2.

Увеличение производства запасных частей и повышение качества сборки автосамосвалов позволит существенно уменьшить простоя и увеличить их производительность. Доведение показателей надежности до уровня импортных автосамосвалов позволит сократить потребность в автомобилях на 20–40 % и значительно снизить потребность в импорте машин.

Результаты оценки состояния узлов и агрегатов автосамосвалов отражаются следующим образом: состояние нормальное – узлу или агрегату присваивается зеленый цвет; предаварийное состояние (прогнозируемый отказ в течение 3–7 дней) – желтый; аварийное (прогнозируемый отказ в течение 1–3 дней) – красный; критическое состояние (запрет на эксплуатацию) – черный. Ведение визуализированного учета позволяет руководству участка определять приоритеты при постановке автосамосвалов на ремонт, заблаговременно начинать подготовку к его проведению [3].

Одним из основных факторов обеспечения нормального технического состояния карьерного автотранспорта является качество их технического обслуживания и ремонта. Для оценки результатов работы ремонтного участка на предприятиях разработана и применяется форма, позволяющая механику вести учет результатов работы ремонтного персонала (табл. 3).

Показателем ремонтопригодности, как известно, является среднее время восстановления. Ремонтопригодность отражает приспособленность автомобилей к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем технического обслуживания и ремонта, а также характеризует организационно-технический уровень условий выполнения ремонтных работ на данном предприятии.

Исследованиями установлено, что значительная часть среднего времени восстановления приходится на время ожидания ремонта. Кроме того, время выполнения ремонтных работ зависит от уровня их организации и механизации. Следовательно, судить о приспособленности автосамосвалов к ремонту по среднему времени восстановления нельзя, так как этот показатель прежде всего характеризует организационно-технический уровень системы технического обслуживания и ремонта.

Коэффициент технического использования карьерного автотранспорта составляет 0,65–0,70 для автосамосвалов БелАЗ-7555; 0,4–0,6

Таблица 2. Пример формы учета технического состояния узлов и агрегатов автосамосвала БелАЗ-75306.

Агрегат	Дата	1		2		3		...		31	
		Смена	I	II	I	II	I	II	I	II	I
Двигатель внутреннего сгорания											
Редуктор мотор-колеса	левого										
	правового										
Подвески	задняя										
	передняя										
Колеса											
Рама											
Кузов											

Состояние

	Нормальное
	Предаварийное (прогнозируемый отказ в течение 3–7 дней)
	Аварийное (прогнозируемый отказ в течение 1–3 дней)
	Нормальное (запрет на эксплуатацию)

Таблица 3. Пример визуализации учета результатов работы ремонтного персонала.

Пример визуализации учета результатов работы ремонтного персонала, Ф.И.О. механика	Октябрь, 2013 г.	
	21	22
	Понедельник	Вторник
	2-я смена	2-я смена
K. B. B.	<p>a/c № 210. Сварка рамы под моторный отсек</p> <p>a/c № 213. ТО по регламенту</p> <p>a/c № 217. Замена задних левых колес</p> <p>a/c № 218. Демонтаж гидробака, реактивной тяги</p> <p>a/c № 223. Ремонт фланца тягового генератора, промывка ступицы РМК</p> <p>a/c № 126. Продорожка якоря ДК</p> <p>a/c № 134. Сварка передней части рамы</p>	<p>a/c № 201. Замена вентилятора обдува ДВС, сплив тосола, снятие патрубков 75 и 90 мм</p> <p>a/c № 216. Сварка проушины задней правой подвески, кронштейна задней реактивной тяги, установка колес</p> <p>a/c № 218. Прокачка подвески, установка передней реактивной тяги, ремонт электрооборудования</p> <p>a/c № 221. Ремонт фланца ДК и изолятора</p> <p>a/c № 123. Сварка рамы справа</p> <p>a/c № 125. Установка ЗП колеса</p> <p>a/c № 126. Установка ЗП РМК и колеса</p>

Примечание. Зеленый цвет – задание выполнено; красный – не выполнено.

для БелАЗ-75570 и 0,7–0,8 для импортных автосамосвалов – Komatsu HD-1200 и Terex TR 100. Более низкие показатели отечественных автосамосвалов вызваны низким качеством запасных частей, неприспособленностью ремонтной базы. Более высокие показатели использования у автомобилей импортного производства обусловлены наличием гарантии и участием в эксплуатации представителей фирм-изготовителей [4]. Следовательно, коэффициент технического использования, так же, как и среднее время восстановления, в большей мере характеризует организацию производственной и технической эксплуатации машин.

Достаточно низкие показатели надежности отечественных автосамосвалов усугубляются слабой обеспеченностью оборотным фондом узлов и агрегатов. Это еще более увеличивает простой автосамосвалов в ремонте, его ожидании и, соответственно, влечет экономические потери для горнодобывающего предприятия [5]. На примере Komatsu HD-1200 произведен расчет потерь от простоеов автосамосвалов на одном из горнодобывающих предприятий Северо-Западного региона России.

1. Расчет прямых потерь от простоя карьерного автотранспорта, тыс. руб.:

$$\Pi_{\text{прямые}} = ((C_{\text{tp}} \Pi_a D_{\text{пост}}) / \text{КФВ}_{\text{мес}}) T_{\text{прост}}$$

где C_{tp} – себестоимость транспортирования, руб./($t \times \text{км}$); Π_a – среднемесячная производительность автосамосвала, тыс. $t \times \text{км}$; $D_{\text{пост}}$ – доля условно-постоянных затрат, %; КФВ_{мес} – количество часов в месяц, ч/мес; $T_{\text{прост}}$ – продолжительность простоя, мото-ч.

Пример расчета прямых потерь на 1 моточас простоя автосамосвала:

$$\Pi_{\text{прямые}} = (7,63 \text{ руб.}/(t \times \text{км}) \times 165,6 \text{ тыс. } t \times \text{км} \times 23,5\%) / 724 \text{ ч/мес} = \\ = 0,41 \text{ тыс. руб./ч}^1.$$

2. Расчет косвенных потерь от простоя, тыс. руб.:

$$\Pi_{\text{косв}} = \Pi_{\text{мет}} M_{\text{мет}},$$

где $\Pi_{\text{мет}}$ – стоимость 1 г металла внутренняя, тыс. руб./г; $M_{\text{мет}}$ – недополученная масса металла по причине простоя автосамосвала, рассчитывается по формуле, г:

$$M_{\text{мет}} = M_{\text{руд}} K_{\text{мет}},$$

где $K_{\text{мет}}$ – содержание металла в 1 т руды, г/т; $M_{\text{руд}}$ – недополученная масса руды, рассчитывается по формуле, т:

$$M_{\text{руд}} = Q_{\text{руд}} P,$$

где P – объемный вес руды, т/ м^3 ; $Q_{\text{руд}}$ – недополученный объем руды, рассчитывается по формуле, м^3 :

$$Q_{\text{руд}} = Q_{\text{вск}} / K_{\text{вск}},$$

где $K_{\text{вск}}$ – коэффициент вскрыши; $Q_{\text{вск}}$ – недополученный объем вскрыши, рассчитывается по формуле, м^3 :

$$Q_{\text{вск}} = \Pi_a^{''} T_{\text{прост}},$$

где $\Pi_a^{''}$ – средний объем горной массы, перевозимой автосамосвалом за 1 моточас, рассчитывается по формуле, тыс. $\text{м}^3/\text{ч}$:

$$\Pi_a^{''} = ((\Pi_a / \text{КФВ}_{\text{мес}}) / L_{\text{tp}}) / P,$$

где L_{tp} – среднее расстояние транспортирования, км.

Пример расчета косвенных потерь на 1 моточас простоя автосамосвала:

$$1. \Pi_a^{''} = ((165,6 \text{ тыс. } t \times \text{км} / 724 \text{ ч}) / 1,5 \text{ км}) / 2,16 \text{ т/м}^3 = 0,07 \text{ тыс. } \text{м}^3/\text{ч};$$

$$2. Q_{\text{вск}} = 0,07 \text{ тыс. } \text{м}^3/\text{ч} \times 1 \text{ ч} = 0,07 \text{ тыс. } \text{м}^3;$$

$$3. Q_{\text{руд}} = 0,07 \text{ тыс. } \text{м}^3 / 1,75 = 0,04 \text{ тыс. } \text{м}^3;$$

$$4. M_{\text{руд}} = 0,04 \text{ тыс. } \text{м}^3 \times 2,16 \text{ т/м}^3 = 0,087 \text{ тыс. т};$$

$$5. M_{\text{мет}} = 0,087 \text{ тыс. } t \times 1,3 \text{ г/т} = 113 \text{ г};$$

$$6. \Pi_{\text{косв}} = 0,25 \text{ тыс. руб./г} \times 113 \text{ г} = 28,25 \text{ тыс. руб.}$$

Основные показатели надежности автосамосвалов должны соответствовать требованиям ГОСТ 30537–97 (табл. 4) [6].

Приведенные показатели установлены для условий эксплуатации, которые можно назвать эталонными. Этаплонные условия эксплуатации имеют следующие показатели [6]:

- природно-климатический район – умеренно-холодный;
- количество эксплуатируемых автосамосвалов на предприятии – 26–50 ед.;
- средний пробег одного самосвала с начала эксплуатации ≤ 50 000 км;
- вместимость ковша экскаватора должна соответствовать грузоподъемности автосамосвала;
- коэффициент крепости горной породы по шкале М. М. Протодьяконова – 10–15 ед.;
- доля участка трассы с уклоном > 5 % составляет 0,51–0,60 расстояния транспортирования;
- тип дорожного покрытия – переходное.

Таким образом, при эксплуатации карьерного автотранспорта существенное влияние на ресурс деталей и узлов машины оказывают значительные нагрузки при погрузке-выгрузке горной массы, а также движение по сложным участкам технологических дорог. Это приводит к накоплению скрытых дефектов, отказам узлов и агрегатов машин, снижению эксплуатационных показателей автосамосвалов. Основная доля

¹ Данные предоставлены горнотранспортным отделом предприятия.

Таблица 4. Показатели надежности автосамосвалов.

Грузоподъемность автосамосвала, кг	90 %-ный ресурс, км	Средняя наработка на отказ, км, не менее
От 20 000 до 36 000	400 000	4000
От 40 000 до 65 000	400 000	4000
От 80 000 до 140 000	500 000	5000
От 170 000 и более	550 000	5000

отказов приходится на двигатели (до 20 %), гидравлическую систему (до 18 %), ходовую часть (18 %), электрооборудование (14 %), что приводит к значительным финансовым потерям, например, для автосамосвалов Komatsu HD-1200 на 1 моточас простоя приходится 380–400 руб. на единицу техники. Своевременная и качественная диагностика машин при выполнении операций технического обслуживания, подбор рациональных ремонтных воздействий позволяют предупредить развитие дефектов и повысить надежность автосамосвалов при эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев М. В., Смирнов В. П., Кулешов А. А. Эксплуатация карьерного автотранспорта. М.: Недра, 1979. 280 с.
2. Кох П. И. Климат и надежность машин. М.: Машиностроение, 1981. 175 с.
3. Рыбинский А. Б., Горюхов А. В., Довженок А. С. и др. Об организации системы визуализированного учета результатов работы горнотранспортного участка ОАО «Разрез Тугнуйский» // Уголь. 2013. № 12. С. 77–81.
4. Part-through crack fatigue life prediction / Ed. J. B. Chang. ASTM STP 687. Philadelphia: ASTM, 1979. 224 p.

Людмила Ивановна Андреева,

tehnorem74@list.ru

Челябинский филиал Института горного дела УрО РАН

Челябинск, ул. Энтузиастов, 30

Юрий Юрьевич Ушаков,

yuriii-ushakov@mail.ru

Южно-Уральский государственный университет

Россия, Челябинск, пр-т Ленина, 76

5. Андреева Л. И., Мартынов В. Ю., Ушаков Ю. Ю. К вопросу о повышении эффективности ремонтной службы горнодобывающего предприятия / // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности: сб. трудов XIV междунар. науч.-техн. конф. «Чтения памяти В. Р. Кубачека». Екатеринбург: УГГУ, 2016. С. 427–434.
6. Мариев П. Л., Кулешов А. А., Егоров А. Н., Зырянов И. В. Карьерный автотранспорт: состояние и перспективы. СПб.: Наука, 2004. 429 с.

REFERENCES

1. Vasil'ev M. V., Smirnov V. P., Kuleshov A. A. 1979, *Ekspluatatsiya kar'ernogo avtotransporta* [Exploitation of quarry vehicles], Moscow, 280 p.
2. Kokh P. I. 1981, *Klimat i nadezhnost' mashin* [Climate and reliability of the machines], Moscow, 175 p.
3. Rybinskiy A. B., Gorokhov A. V., Dovzhenok A. S., Zakharov S. I., Ushakov Yu. Yu. 2013, *Ob organizatsii sistemy vizualizirovannogo ucheta rezul'tatov raboty gornotransportnogo uchastka OAO "Razrez Tugnuyiskiy"* [On the organization of visualized accounting system for the results of the mining and transport section in JSC "Tugnuijsky mine"], *Ugol'* [Coal], no. 12, pp. 77–81.
4. Ed. J. B. Chang, 1979, Part-through crack fatigue life prediction. ASTM STP no. 687.
5. Andreeva L. I., Martynov V. Yu., Ushakov Yu. Yu. 2016, *K voprosu o povyshenii effektivnosti remontnoy sluzhby gornodobystroyushchego predpriyatiya* [On the issue of improving the effectiveness of the repair service of the mining enterprise]. *Tekhnologicheskoe oborudovaniye dlya gornoj i neftegazovoy promyshlennosti: sbornik trudov XIV mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. «Chteniya pamяти V. R. Kubacheka»* [Technological equipment for mining and oil and gas industry: Collection of works of XIV International scientific and engineering Conference "Readings in memory of V. R. Kubachev"], Ekaterinburg, pp. 427–434.
6. Mariiev P. L., Kuleshov A. A., Egorov A. N., Zyrjanov I. V. 2004, *Kar'ernyy avtotsentr: sostoyanie i perspektivy* [Quarry vehicles: condition and prospects], St. Petersburg, 429 p.

Lyudmila Ivanovna Andreeva,

tehnorem74@list.ru

Institute of Mining of the Ural Branch of Russian Academy of Sciences
Chelyabinsk, Russia

Yuriy Yur'evich Ushakov,

yuriii-ushakov@mail.ru

South Ural State University (National Research University)

Chelyabinsk, Russia

РАСЧЕТ ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВАТЕЛЯ ЗАБОЯ НЕФТИНОЙ СКВАЖИНЫ

А. М. Бурмакин, Е. С. Вильданов, Е. М. Огарков

Calculation of induction heaters for oil bottomhole

А. М. Burmakin, E. S. Vil'danov, E. M. Ogarkov

Authors consider the problems of calculation of electromagnetic field and power characteristics of induction heater intended for heating of oil bottomhole. Warming up the well bottomhole is one of the effective ways to enhance oil recovery and increase well productivity.

Induction heater of a solenoid coil type is simple to manufacture and provides maximum energy efficiency under the constrained space of the well. The main elements of considered induction heater are insulated copper wire coil and the inner magnetic circuit.

To evaluate the energy properties of the heater it is necessary calculate the distribution of the electromagnetic field inside and outside the heater. One can solve such problems using computational models that allow obtaining practical results with minimum effort and expense. Calculated heater model consists of several layers with constant values of conductivity and magnetic permeability. Influence of saturation is taken into account iteratively.

Initial data for calculation is the size of the coil, the magnetic core and casing pipe; electrical conductivity and magnetic permeability of the material of magnetic circuit and casing pipe; parameters of the coil and heater power source. Results of calculation are magnitude of the coil current and parameters of the electromagnetic field of all zones of the computational model of the heater.

Thereafter, authors calculate active and reactive power, impedance of the equivalent circuit and the power factor. Authors made the realization of heater calculation program in Mathcad. Article has the example of developed program output for calculating a heater parameters and the possibility of its use for heating of oil bottomhole.

Keywords: induction heater, oil bottomhole, casing pipe, coil and magnetic circuit of the heater, heater input data, calculation algorithm, calculation program, parameters of the electromagnetic field, active and reactive power, resistance of the equivalent circuit, heater current, the magnitude of the supply voltage.

Рассматриваются вопросы расчета электромагнитного поля и энергетических характеристик индукционного нагревателя, предназначенного для прогрева забоя нефтяной скважины. Прогрев забоя скважины является одним из эффективных способов усиления нефтеотдачи пласта и повышения производительности скважины. Индукционный нагреватель соленоидного типа прост в изготовлении и обеспечивает максимальную энергетическую эффективность в условиях стесненного пространства скважины. Основными элементами рассматриваемого индукционного нагревателя являются катушка из медного изолированного провода и внутренний магнитопровод. Для оценки энергетических свойств нагревателя необходимо выполнить расчет распределения электромагнитного поля внутри и вне нагревателя. Такие задачи решаются с использованием расчетных моделей, позволяющих получить практические результаты с минимальными затратами сил и средств. Расчетная модель нагревателя состоит из нескольких слоев с постоянными значениями электропроводности и магнитной проницаемости. Влияние насыщения учитывается итерационным путем. Исходными данными для расчета являются: размеры катушки, магнитопровода и обсадной трубы; электропроводность и магнитная проницаемость материалов магнитопровода и обсадной трубы; параметры катушки и источника питания нагревателя. В результате расчета определяются величина тока катушки и параметры электромагнитного поля всех зон расчетной модели нагревателя. После этого рассчитываются активная и реактивная мощность, сопротивления схемы замещения и коэффициент мощности. Программа расчета нагревателя реализована в среде MathCad. По разработанной программе выполнен расчет нагревателя и показана возможность его использования для прогрева забоя нефтяной скважины.

Ключевые слова: индукционный нагреватель; забой нефтяной скважины; обсадная труба; катушка и магнитопровод нагревателя; исходные данные нагревателя; алгоритм расчета; программа расчета; параметры электромагнитного поля; активная и реактивная мощность; сопротивления схемы замещения; ток нагревателя; величина питающего напряжения.

Pассматриваемый индукционный нагреватель предназначен для прогрева забоя и призабойного пространства нефтяной скважины. Применение таких электронагревателей позволяет увеличить подвижность нефти в призабойном пространстве и повысить производительность скважины [1–3]. Нагреватель должен иметь цилиндрическую форму, легко перемещаться по скважине и состоять из отдельных модулей длиной 0,5–1,5 м. Мощность нагревателя обычно не превышает 30 кВт. Для повышения эффективности забойных нагревателей необходимо создавать их с учетом условий работы скважины [4].

Теоретическая база для расчета электромагнитного поля индукционного нагревателя имеется в [5]. Основные подходы и обоснование метода расчета индукционного нагревателя для забоя нефтяной скважины изложены в [6]. Поэтому желательно предварительно ознакомиться с данной статьей, чтобы лучше понимать излагаемый метод расчета.

Общий вид забойного индукционного нагревателя показан на рис. 1.

Катушка нагревателя обычно состоит из нескольких секций, между которыми могут размещаться разрезные диски для отвода тепла [7, 8]. Эти конструктивные особенности не оказывают влияния на электромагнитное поле нагревателя, поэтому на рис. 1 они не показаны.

Для расчета электромагнитного поля рассматриваемого нагревателя используется расчетная модель, описанная в [6] и показанная на рис. 2.

Исходные данные для расчета: d_2 – внутренний диаметр обсадной трубы; h_3 – толщина стенки обсадной трубы; γ_3 – удельная электропроводность материала стенки обсадной трубы; μ_3 – магнитная проницаемость вакуума; d_1 – внутренний диаметр катушки нагревателя; L – длина катушки нагревателя; w – число витков катушки; γ_{np} – удельная проводимость материала провода катушки; μ_1 – магнитная проницаемость материала магнитопровода нагревателя; J_n – действующее значение линейной токовой нагрузки; f – частота тока источника питания; k_{31} – коэффициент заполнения магнитопроводом внутренней полости катушки; γ_c – объемная плотность стали; P_{ya} – удельные потери на перемагничивание стали; $k_{3,k}$ – коэффициент заполнения катушки медью; j_{np} – плотность тока в проводнике.

Подготовительные расчеты

Круговая частота

$$\omega = 2\pi f.$$

Коэффициент пространственного распределения

$$\alpha = \pi/L.$$

Корень характеристического уравнения в третьей зоне расчетной модели рис. 2

$$\dot{P}_3 = \sqrt{\alpha^2 + j\mu_3 \omega \gamma_3}.$$

Длина окружности обсадной трубы по внутренней поверхности (ширина расчетной модели)

$$b = \pi d_2.$$

Площадь сечения внутреннего магнитопровода

$$q_1 = \frac{k_{31} \pi d_1^2}{4}.$$

Толщина первого слоя расчетной модели

$$z_1 = q_1/b.$$

Высоту зоны 2 расчетной модели рис. 2 обозначим h_2 . Величину h_2 можно найти из условия равенства объемов зоны 2 и пространства между внутренним магнитопроводом нагревателя и обсадной трубой:

$$h_2 b L = \left(\frac{\pi d_2^2}{4} - \frac{\pi d_1^2}{4} \right) L.$$

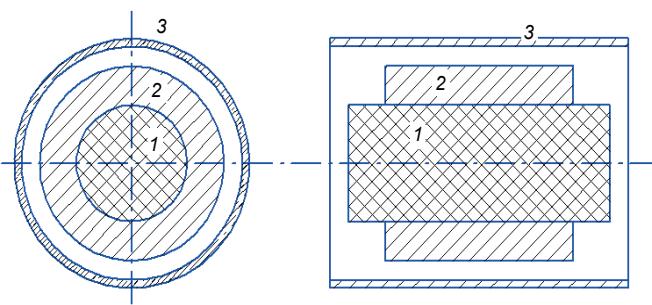


Рисунок 1. Схематический вид индукционного нагревателя. 1 – магнитопровод нагревателя; 2 – катушка нагревателя; 3 – обсадная труба / **Figure 1. A schematic view of an induction heater.**

После преобразований получим

$$h_2 = \frac{\pi}{4b} (d_2^2 - d_1^2).$$

Координата границы зон 2 и 3 модели **рис. 2**

$$z_2 = z_1 + h_2,$$

Координата границы зон 3 и 4 модели **рис. 2**

$$z_3 = z_2 + h_3,$$

Действующее значение тока катушки

$$I_1 = \frac{J_n L}{w}.$$

Комплексная линейная токовая нагрузка

$$\hat{J}_n = J_n e^{j\omega t}. \quad (1)$$

Толщина катушки

$$h_k = \frac{J_n}{j_{np} k_{zk}}.$$

Средняя длина витка

$$l_b = \pi(d_1 + h_k).$$

Площадь поперечного сечения провода катушки

$$q_{np} = I_1 / j_{np},$$

Расчет коэффициентов для системы уравнений осуществляется по формулам, полученным в [6]:

$$k_1 = \alpha \frac{\mu_1}{\mu_0}; \dot{k}_3 = \frac{\mu_0 \dot{B}_3}{\mu_3 \alpha}; \quad (2)$$

$$k_{11} = z_1; k_{12} = -e^{\alpha z_1}; k_{13} = -e^{-\alpha z_1}; \quad (3)$$

$$k_{21} = 1; k_{22} = k_1 k_{12}; k_{23} = -k_1 k_{13}; \quad (4)$$

$$k_{32} = e^{\alpha z_2}; k_{33} = e^{-\alpha z_2}; \dot{k}_{34} = -e^{-\dot{p}_3 z_2}; \dot{k}_{35} = -e^{-\dot{p}_3 z_2}; \quad (5)$$

$$k_{42} = k_{32}; k_{43} = -k_{33}; \dot{k}_{44} = \dot{k}_3 \dot{k}_{34}; \dot{k}_{45} = -\dot{k}_3 \dot{k}_{35}; \quad (6)$$

$$\dot{k}_{54} = e^{\dot{p}_3 z_3}; \dot{k}_{55} = e^{-\dot{p}_3 z_3}; k_{56} = -e^{-\alpha z_3}; \quad (7)$$

$$\dot{k}_{64} = \dot{k}_3 \dot{k}_{54}; \dot{k}_{65} = -\dot{k}_3 \dot{k}_{55}; k_{66} = e^{-\alpha z_3}. \quad (8)$$

Для расчета электромагнитного поля нагревателя используется система уравнений, полученных из граничных условий расчетной модели

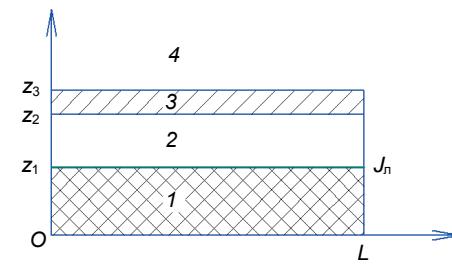


Рисунок 2. Расчетная модель индукционного нагревателя. 1 – зона внутреннего магнитопровода; 2 – немагнитное пространство; 3 – стенка обсадной трубы; 4 – затрубное пространство; J_n – линейная токовая нагрузка; L – длина катушки индуктора / **Figure 2. The computational model of the induction heater.**

рис. 2. Эта система уравнений получена в [6]. Здесь она записывается с использованием коэффициентов, рассчитанных по формулам (2)–(8):

$$k_{11} \dot{V}_1 + k_{12} \dot{V}_2 + k_{13} \dot{V}_3 = 0;$$

$$k_{21} \dot{V}_1 + k_{22} \dot{V}_2 + k_{23} \dot{V}_3 = \mu_1 \dot{J}_n;$$

$$k_{32} \dot{V}_2 + k_{33} \dot{V}_3 + \dot{k}_{34} \dot{V}_4 + \dot{k}_{35} \dot{V}_5 = 0;$$

$$k_{42} \dot{V}_2 + k_{43} \dot{V}_3 + \dot{k}_{44} \dot{V}_4 + \dot{k}_{45} \dot{V}_5 = 0;$$

$$\dot{k}_{54} \dot{V}_4 + \dot{k}_{55} \dot{V}_5 + \dot{k}_{56} \dot{V}_6 = 0;$$

$$\dot{k}_{64} \dot{V}_4 + \dot{k}_{65} \dot{V}_5 + \dot{k}_{66} \dot{V}_6 = 0.$$

Решив эту систему уравнений, определим неизвестные постоянные интегрирования $\dot{V}_1, \dot{V}_2, \dot{V}_3, \dot{V}_4, \dot{V}_5, \dot{V}_6$.

Магнитная индукция внутреннего магнитопровода (зона 1)

$$B_1 = \sqrt{\left[\operatorname{Re} \dot{V}_1 \right]^2 + \left[\operatorname{Im} \dot{V}_1 \right]^2}. \quad (9)$$

Магнитная индукция на внутренней поверхности обсадной трубы

$$\dot{B}_3 = \dot{P}_3 \left(\dot{k}_{34} \dot{V}_4 - \dot{k}_{35} \dot{V}_5 \right); B_3 = \sqrt{\left[\operatorname{Re} \dot{B}_3 \right]^2 + \left[\operatorname{Im} \dot{B}_3 \right]^2}.$$

По значениям B_1 и B_3 уточняются итерационным путем магнитные проницаемости μ_1 и μ_3 .

Полная мощность нагревателя наиболее просто находится через линейную токовую нагрузку [5, 6]:

$$\underline{S} = -b \int_0^L \dot{E}_1 J_n^* dx.$$

Здесь \dot{E}_1 – напряженность электрического поля на границе зон 1–2 модели **рис. 2**.

Согласно [6]

$$\dot{E}_1 = -j\omega \dot{V}_1 z_1 e^{j\omega t}. \quad (10)$$

В общем случае \dot{V}_1 зависит от координаты x [6]. Сопряжённый комплекс линейной токовой нагрузки находится по (1):

$$J_n^* = J_n e^{-j\omega t}. \quad (11)$$

Полная мощность нагревателя с учетом (10) и (11)

$$\underline{S} = -b \int_0^L \dot{E}_1 J_n^* dx. \quad (12)$$

Если длина катушки индукционного нагревателя на порядок больше её диаметра, то магнитное поле и значение \dot{V}_1 практически не зависят от координаты x [9]. В этом случае полная мощность нагревателя легко находится из (12):

$$\underline{S} = j\omega b z_1 L J_n \dot{V}_1. \quad (13)$$

Если длина катушки индукционного нагревателя соизмерима с её диаметром, то магнитное поле по длине нагревателя и по координате x модели **рис. 2** распределяется неравномерно. Первую гармонику напря-

женности электрического поля на границе зон 1–2 расчетной модели рис. 2 можно записать согласно [6]:

$$\dot{E}_1 = -j\omega \dot{V}_1 z_1 e^{j\omega t} \sin(\alpha x). \quad (14)$$

Подставив значения E_1 из (14) в (12) и выполнив интегрирование, получим полную мощность индукционного нагревателя с учетом неравномерности распределения поля по длине нагревателя:

$$\underline{S} = jwbz_1 LJ_{\pi} \dot{V}_1^2 \frac{2}{\pi}. \quad (15)$$

Полная мощность имеет активную и реактивную составляющие:

$$\underline{S} = P + jQ; S = \sqrt{P^2 + Q^2}.$$

Мощности, рассчитанные по (10) и (12), не учитывают потери в катушке и магнитопроводе нагревателя. Мощность потерь в катушке легко рассчитывается по исходным данным:

$$P_k = I_1^2 R_k.$$

Сопротивление провода катушки

$$R_k = \frac{l_b w}{\gamma_{\text{пр}} q_{\text{пр}}}.$$

Потери в стали магнитопровода нагревателя зависят от физических свойств стали, массы магнитопровода и величины магнитной индукции B_1 . Магнитная индукция B_1 рассчитывается по (9).

Масса стали находится по исходным данным:

$$m_c = \frac{\pi d_1^2}{4} L k_{\text{sl}} \gamma_c.$$

Коэффициент заполнения внутренней полости катушки сталью магнитопровода зависит от конструкции нагревателя. Обычно коэффициент заполнения $k_{\text{sl}} \approx 0,5\text{--}0,7$.

Поперечное сечение магнитопровода выбирается таким, чтобы в рабочих режимах магнитная индукция B_1 была близка к 1,5 Тл. Удельные потери в стали магнитопровода при $B_1 = 1,5$ Тл можно найти в справочнике [10].

Мощность потерь в стали

$$P_c = P_{\text{як}} m_c.$$

Суммарная активная мощность нагревателя

$$P_1 = P + P_k + P_c.$$

Здесь P – активная мощность по (13) или (15).

Коэффициент мощности нагревателя

$$\cos \varphi = \frac{P_1}{\sqrt{P_1^2 + Q^2}}.$$

Здесь Q – реактивная мощность по (13) или (15).

Индукционный нагреватель можно представить в виде схемы замещения, показанной на рис. 3.

Исходной величиной для расчетов является ток I_1 , по которому вычисляются мощности P_1 и Q . Через мощности легко находятся сопротивления схемы замещения:

$$R_1 = \frac{P_1}{I_1^2}; X_1 = \frac{Q}{I_1^2}.$$

Необходимую величину питающего напряжения находят по схеме замещения рис. 3:

$$U_1 = I_1 \sqrt{R_1^2 + X_1^2}. \quad (16)$$

Полученное по (16) значение U_1 отличается от стандартного. Для согласования расчетного значения U_1 с напряжением источника питания необходимо изменить число витков катушки нагревателя и повторить расчеты.

Изложенный ранее алгоритм расчета был положен в основу программы расчета электромагнитного поля и энергетических характеристи-

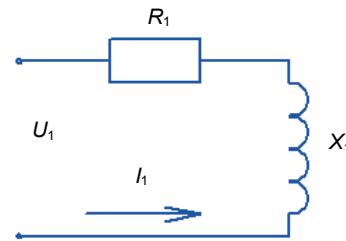


Рисунок 3. Схема замещения индукционного нагревателя / Figure 3. Equivalent circuit of an induction heater.

стик индукционного нагревателя. Программа расчета нагревателя реализована в среде MathCad. По разработанной программе был выполнен расчет индукционного нагревателя соленоидного типа при следующих исходных данных: $d_1 = 100$ мм; $d_2 = 160$ мм; $h_3 = 9$ мм; $L = 1$ м; $\gamma_3 = 3 \times 10^6$ (1/Ом × м); $w = 300$; $k_{\text{sl}} = 0,6$. Обсадная труба выполнена из малоуглеродистой литьей стали. Источник питания – сеть 380 В, 50 Гц. Остальные величины определялись и уточнялись в процессе расчета.

В результате расчета были получены следующие результаты:

- ток катушки $I_1 = 65,4$ А;
- активная мощность нагревателя $P = 13,5$ кВт;
- коэффициент мощности $\cos \varphi = 0,54$;
- мощность в стенке обсадной трубы 12,8 кВт.

Из результатов видно, что индукционные нагреватели соленоидного типа очень хорошо подходят для прогрева забоя нефтяных скважин. Это обусловлено тем, что 95 % энергии выделяется в обсадной трубе и идет непосредственно на нагрев забоя скважины. Внутри нагревателя выделяется около 5 % общей мощности, что облегчает решение главной проблемы – защиты катушки нагревателя от перегрева.

Точность расчетов по предлагаемой программе в первую очередь зависит от точности исходных данных по электропроводности и магнитной проницаемости материала обсадной трубы. У нагревателей с короткой катушкой точность расчетов снижается за счет погрешности учета концевых эффектов, обусловленных сложной картиной поля у концов катушки. Точность расчета можно повысить, разделив стенку обсадной трубы на несколько слоев. Этот вопрос подробно исследован в [5]. Для уточнения методики расчета индукционных нагревателей соленоидного типа необходимо изготовить опытный образец нагревателя, провести его испытания и внести поправочные коэффициенты, как это рекомендуется в [9] для других индукционных нагревателей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мищенко И. Т. Скважинная добыча нефти. М.: РГУ нефти и газа, 2007. 826 с.
2. Мищенков И. С. Воздействие на нефтяные залежи и призабойные зоны продуктивных пластов. Пермь, 1974. 128 с.
3. Муслимов Р. Х. Современные методы повышения нефтеизвлечения. Казань, 2004. 582 с.
4. Бочарников В. Ф. Справочник мастера по ремонту нефтегазового технологического оборудования. М.: Инфра-Инженерия, 2008. 576 с.
5. Огарков Е. М. Квазитрехмерная теория линейных асинхронных двигателей. Пермь: ПГТУ, 2003. 240 с.
6. Огарков Е. М., Вильданов Е. С. Расчетная модель индукционного нагревателя для нефтяных скважин // Вестник ПНИПУ. Электротехника, информационные технологии, системы управления. 2016. № 15. С. 115–123.
7. Слугоцкий А. Е., Немков В. С., Павлов Н. А. Установки индукционного нагрева. Л.: Энергоиздат, 1981. 272 с.
8. Кувалдин А. Б. Индукционный нагрев магнитной стали на промышленной частоте. М.: ВИНИТИ, 1976. 83 с.
9. Кувалдин А. Б. Индукционный нагрев ферромагнитной стали. М.: Энергоатомиздат, 1988. 198 с.
10. Электротехнический справочник. В 3 т. / под ред. В. Г. Герасимова. М.: Энергоатомиздат, 1985. Т. 1. 488 с.

REFERENCES

1. Mishchenko I. T. 2007, *Skvazhinnaya dobycha nefti* [Downhole oil production], Moscow, 826 p.
2. Mishchenkov I. S. 1974, *Vozdeystvie na neftyanye zaledhi i prizaboyne zony produktivnykh plastov* [The impact on the oil reservoir and bottomhole zones of productive strata], Perm', 128 p.
3. Muslimov R. Kh. 2004, *Sovremennyye metody povysheniya nefteizvlecheniya* [Modern methods of enhanced oil recovery], Kazan', 582 p.
4. 2008, *Spravochnik mastera po remontu neftegazovogo tekhnologicheskogo oborudovaniya* [Handbook of repair master of oil and gas processing equipment], Moscow, 576 p.
5. Ogarkov E. M. 2003, *Kvazitrehmernaya teoriya lineynykh asinkhronnykh dvigateley* [The quasi three-dimensional theory of linear induction motors], Perm', 240 p.

6. Ogarkov E. M., Vil'danov E. S. 2016, *Raschetnaya model' induktsionnogo nagrevatelya dlya neftyanykh skvazhin* [The computational model of the induction heater for oil wells]. *Vestnik PNIPU* [Bulletin of Perm National Research Polytechnic University], no. 15, pp. 115-123.
7. 1981, *Ustanovki induktsionnogo nagreva* [Induction heating Plants], Leningrad, 272 p.
8. Kuvaldin A. B. 1976, *Induktsionnyy nagrev magnitnoy stali na promyshlennoy chastote* [Induction heating of the magnetic steel on the industrial frequency], Moscow, 83 p.
9. Kuvaldin A. B. 1988, *Induktsionnyy nagrev ferromagnitnoy stali* [Induction heating of ferromagnetic steel], Moscow, 198 p.
10. 1985, *Elektrotehnicheskiy spravochnik* [Electrical Engineering handbook], Moscow, vol. 1, 488 p.

Артём Михайлович Бурмакин,
amburmakin@mail.ru
Евгений Сергеевич Вильданов,
Евгений Матвеевич Огарков,
 Пермский национально-исследовательский политехнический
 университет
 Россия, Пермь, Комсомольский пр-т, 29

Artem Mikhaylovich Burmakin,
amburmakin@mail.ru
Evgeniy Sergeevich Vil'danov,
Evgeniy Matveevich Ogarkov,
 Perm National Research Polytechnic University
 Perm, Russia

ОЦЕНИВАНИЕ ЗЕМЛЕЁМКОСТИ УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗОВ ИЗМЕНЕНИЕМ СИСТЕМЫ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ

А. В. Селюков

Evaluation of ground capacity of coal mines by modification of opencast mining system

A. V. Selyukov

Ongoing exploitation of coal mines of the Kemerovo region with longitudinal enddeepening opencast mining systems contributes to the progressive increase of withdrawal of agricultural lands. However, the balance between ecological orientation of regions with open coal production and increase of production capacity should be based on the approaches with the modernized databases of scientific and technical focus of rational correlation of opencast methods and the impact on the environment that is usually accomplished in the practice of foreign coal mines. Furthermore, for the open coal mining in the Kuznetsk coal basin, ground capacity exceeds the industry average for the Russian Federation is almost 3 times. Identifying the causes of scanty implementation of such approaches and their elimination in domestic production should be based on a comprehensive purposeful impact of selection of two objects of functioning – external or internal dumps, which serves the purpose of this work – the development of known theoretical approaches for ground capacity management.

On the basis of data obtained from various sources the author suggest aggregated indicators of ground capacity in relation to the average annual production capacity of coal production enterprises that use opencast methods; the author also forecast trends in its increment depending on the production growth.

The article contains new scientific results, such as grouping of coal mines based on the partial correlation of production capacity and ground capacity; identifying and assessing specific periods of exploitation of coal mines with an external or internal stockpiling and corresponding levels of the ground capacity. One can distribute the conclusions for mines of the Kemerovo region to businesses operating in similar conditions.

Keywords: coal mine; the ground capacity; the system of opencast mining; waste rock dump.

Продолжающаяся эксплуатация угольных разрезов Кемеровской области с продольными углубочными системами открытой разработки способствует прогрессирующему росту изъятия земель сельскохозяйственного назначения. Однако балансирование между экологической направленностью регионов с открытой добычей угля и приростом производственных мощностей должно основываться на подходах с модернизированными базами научно-технической направленности рационального соотношения способов разработки и воздействия на окружающую среду, что больше всего достигнуто в практике работы зарубежных угольных разрезов. К тому же при открытой добыче угля в Кузнецком угольном бассейне землеёмкость превышает среднеотраслевую по Российской Федерации почти в 3 раза. Выявление причин малочисленной реализации таких подходов и их устранения в отечественном производстве должно базироваться на комплексном целенаправленном воздействии выбора двух объектов функционирования – внешнего или внутреннего отвалов, что и служит цели данной работы – развитию известных теоретических подходов управления землеёмкостью. На основании данных, полученных из различных источников, предложены укрупнённые показатели землеёмкости по отношению к среднегодовой производственной мощности предприятий по добыче каменного угля открытым способом и даны прогнозные тенденции её приращения в зависимости от роста объемов добычи. Получены новые научные результаты: угольные разрезы систематизированы исходя из долевого соотношения производственной мощности и землеёмкости; выделены и оценены характерные периоды эксплуатации угольных разрезов с внешним или внутренним отвалообразованием и соответствующими этому уровнями землеёмкости. Полученные выводы для разрезов Кемеровской области можно распространять на предприятия, работающие в аналогичных условиях.

Ключевые слова: угольный разрез; землеёмкость; система открытой разработки; отвал вскрышных пород.

Введение

Основными предпосылками к порядку формирования систем разработки месторождений Кемеровской области являются горно-геологические условия залегания угольных пластов. В практике производства открытой угледобычи в Кемеровской области с момента ввода в эксплуатацию первых угольных разрезов «Бачатский», «Краснобродский» и других до настоящего времени преимущественно применяется углубочная продольная одно- или двухбортовая система разработки (по классификации, предложенной академиком В. В. Ржевским [1]).

В основу такой системы разработки закладывается развитие горных работ по падению угольных пластов, априрашение рабочей зоны в плане горных работ является производным от первоначального главного развития горных работ по глубине. При отработке наклонных и крутопадающих угольных залежей использование углубочных систем открытой разработки приводит к необходимости размещения пород вскрыши на внешних отвалах (рис. 1, а, б), что влечет за собой прогрессивные темпы изъятия земель сельскохозяйственного назначения [2, 3]. Следовательно, необходимо изыскивать более совершенные технологические решения.

Материал и результаты исследований

Согласно анализу проектной документации по угольным разрезам Кемеровской области, примерно равное соотношение в укрупнённой

структуре площадей нарушенных земель означает, что основное влияние на землеёмкость оказывает порядок отработки угольного разреза – углубочная продольная система разработки, а именно, значительную долю нарушенных территорий занимают карьерное поле (38 %) и внешний отвал (44 %), а долевые остатки приходятся на инфраструктурные объекты и прочие нарушения.

Землеёмкость (текущая, средняя, эксплуатационная) определяется как отношение площади нарушенных земель за i -й период к добыче полезного ископаемого за этот же период, т. е.

$$3 = \sum_{i=1}^n S_{\text{н.з.}} / A_{\text{ри}},$$

где 3 – землеёмкость, га/млн т; $S_{\text{н.з.}}$ – площадь нарушенных земель открытыми горными работами, га; $A_{\text{ри}}$ – добыча угля за определенный период.

Несмотря на замедление роста спроса на продукцию угольных предприятий Кемеровской области, снижение темпов открытой угледобычи за последние два года в целом не наблюдается. Следовательно, изъятие земель из сельхозоборота либо останется на прежнем уровне или, несмотря на кризисные экономические явления, будет наблюдаться тенденция роста землеёмкости открытой угледобычи в Кузнецком угольном бассейне.

На основании данных проектных организаций ОАО «Кузбассгипрошахт», ООО «Сибгеопроект», ОАО «Сибгипрошахт», ЗАО «Гипроуголь» и др. за период 2000–2015 гг. и научно-технической литературы автором были получены укрупненные показатели землеёмкости производства открытой угледобычи. Применительно к действующим карьерным полям Кемеровской области определены обобщённые показатели землеёмкости по отношению к среднегодовой производственной мощности предприятий по добыче каменного угля открытым способом (рис. 2).

Большой удельный вес землеёмкости открытой угледобычи объясняется тем, что практически вся вскрышная порода при продольной системе разработки вывозится за пределы карьерного поля. По этой причине не землеёмкость добычи угля в Кузнецком угольном бассейне превышает среднеотраслевую по Российской Федерации почти в 3 раза. В конечном итоге при такой тенденции могут быть негативные последствия по увеличению экологической нагрузки на Кемеровскую область [4–6].

Из графика на рис. 2 следует, что по величине землеёмкости угольные разрезы можно группировать следующим образом:

- с производственной мощностью до 4 млн т/год соотношение добычи и землеёмкости 1 : 3 (разрезы им. Вахрушева», «Киселевский», «Байдаевский», «Сартаки» и др.);

- в интервале от 4 до 10 млн т/год соотношение 1 : 5 (разрезы «Кедровский», «Моховский», «Бачатский» и др.).

Анализ отечественного практического опыта и проектного материала по размещению вскрышных пород в выработанном пространстве карьерного поля позволил сделать вывод, что реализация углубочных систем разработки в промышленных масштабах горных предприятий

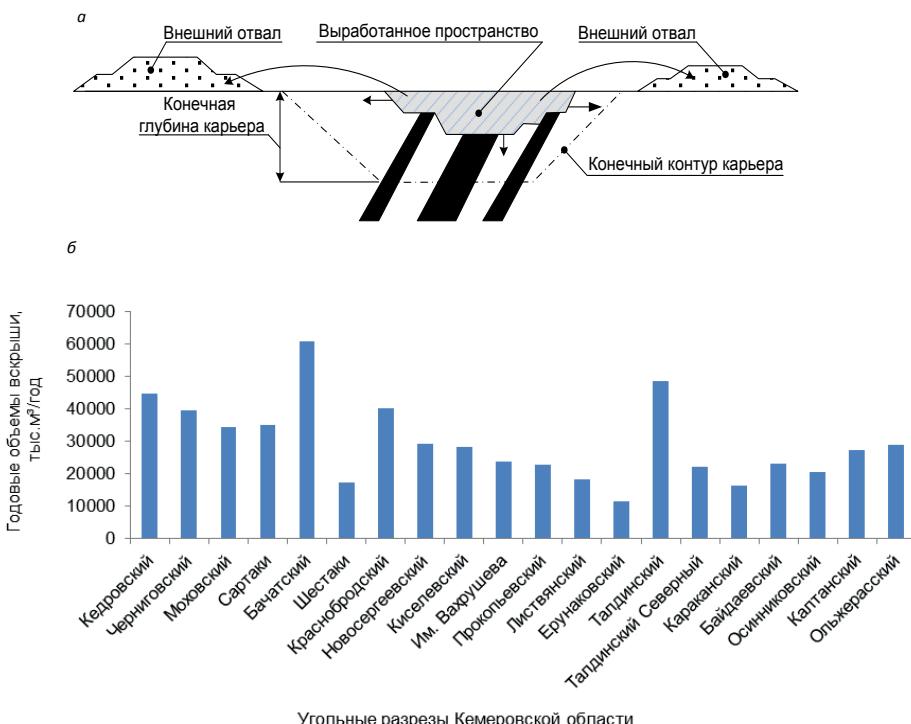


Рисунок 1. Принципиальная схема, поясняющая принципы развития открытых горных работ при углубочных продольных системах разработки (поперечное сечение карьерного поля) – а и усреднённые значения годовых объемов вскрыши, размещаемой на внешних отвалах угольных разрезов Кемеровской области – б / Figure 1. Schematic diagram illustrating the principles of opencast mining at enddeepened longitudinal mining systems (cross-sectional view of quarry fields) (a) and average values of annual volumes of overburden placed on the outer dumps of the Kemerovo region coal mines (b).

невозможна по некоторым основным причинам. Во-первых, порядок развития рабочей зоны в карьерном поле. Зона углубляется постоянно, до момента затухания горных работ в карьере, т. е. при углублении горных работ увеличивается объем выработанного пространства и вместе с ним доля выработанного пространства карьера. Одновременно выработанное пространство как потенциальная емкость для складирования вскрышных пород используется только к завершающему периоду эксплуатации карьера, иными словами, недостатком является сама система открытой разработки. Причина вторая: известные теоретические проработки по размещению вскрышных пород в выработанном пространстве мало реализованы применительно к режиму действующих карьерных полей, т. е. должен быть системный (не единичный) подход по увеличению доли внутреннего отвала. К настоящему моменту на базе анализа проектов разработки угольных месторождений и информации по развитию производства установлено, что долевое участие внутреннего отвалообразования очень низкое и объясняется тем, что оно приурочено к моменту затухания горных работ карьерном поле и примерно составляют для углубочной продольной однобортовой системы 4–7 %, двухбортовой – 10–12 %.

Таким образом, временной разрыв от начала эксплуатации действующих карьерных полей и момента возникновения процесса заполнения выработанного пространства вскрышной породой приводит к незначительности процесса внутреннего отвалообразования и увеличению землеёмкости.

На основе полученных укрупнённых показателей землеёмкости возможна прогнозная оценка целенаправленных воздействий: или продолжать эксплуатацию угольного разреза с внешним отвалом (отвалами) или в качестве альтернативы использовать складирование вскрышных пород в выработанном пространстве карьерного поля. Из этого следует, что землеёмкость производства горных работ открытым способом может быть значительно снижена за счет размещения вскрышных пород в выработанном пространстве карьерного поля [7]. К таким решениям можно отнести поперечные системы открытой разработки [8]. В ранее упомянутых источниках многократно и доказательно подтверждалась эффективность использования выработанного пространства карьерного поля для складирования вскрышных пород.

На современном уровне развития открытых горных работ за рубежом признано, что наиболее рациональное соотношение систем разработки и окружающей среды достигнуто в практике работы угольных разрезов США, Канады, Великобритании, Франции. Этому способствуют наименее благоприятные условия открытого способа разработки с точки зрения экологии и окружения горного производства.

Факторы, ограничивающие развитие открытых горных работ

- отсутствие свободных земель;
- большая плотность населения;

– развитое сельское хозяйство;

– развитая инфраструктура коммуникаций;

– наличие ценных с исторической, эстетической и природной точек зрения ландшафтов.

В таких условиях предпочтительны системы открытой разработки, позволяющие иметь минимум нарушенных площадей земной поверхности и производить рекультивацию одновременно с разработкой.

В зарубежных источниках с XX в. по настоящее время [9–14] приводится много примеров практического применения однобортовой поперечной системы разработки с внутренним отвалообразованием на месторождениях угля, и отмечается ее достоинства:

- нарушающая горными работами площадь земель и время ее отторжения минимальны;
- сокращение расстояния транспортирования пород до минимального за счет компактного построения зоны рабочего борта и отвала в карьере;
- преимущественно внутреннее отвалообразование в основной период работы карьера;
- ускоренная рекультивация земель (начало через 5–6 лет после начала разработки) со скоростью последующего восстановления, равной скорости отторжения.

В таблице приведены примеры применения поперечной системы разработки в зарубежных странах.

Для небольших угольных месторождений Франции характерно применение однобортовой поперечной системы разработки с минимальным размером рабочей зоны и внутренним отвалообразованием. Месторождения имеют 5–6 пластов угля наклонного или крутого падения, осложненных нарушениями.

Например, в США при открытой разработке месторождений полезных ископаемых можно привести данные об использовании однобортовой поперечной системы на карьере KEMMERER мощностью 3,2 млн т, разрабатывающем свиту из 12 пластов наклонного падения (22° – 25°) мощностью 3–30 м. Глубина работ достигает 300 м, коэффициент вскрыши 4,6 m^3/t .

На антрацитовых месторождениях восточного побережья США поперечная система запроектирована на месторождениях со сложной геологией. Глубина разработки составляет 250–280 м.

В Канаде поперечная система разработки применяется на группе карьеров (3 карьера) компании QUINTETTE GOAL со сложной геологией и горным рельефом. Углы падения свит из 5–8 пластов мощностью 0,7–9,5 м меняются в пределах 15° – 70° . Выемка пород и угля ведется комплексом гидравлических экскаваторов. Мощность карьеров 1–5 млн т, коэффициент вскрыши 3,5–6,4 m^3/t , срок работы до 20 лет. Отвалообразование преимущественно внутреннее.

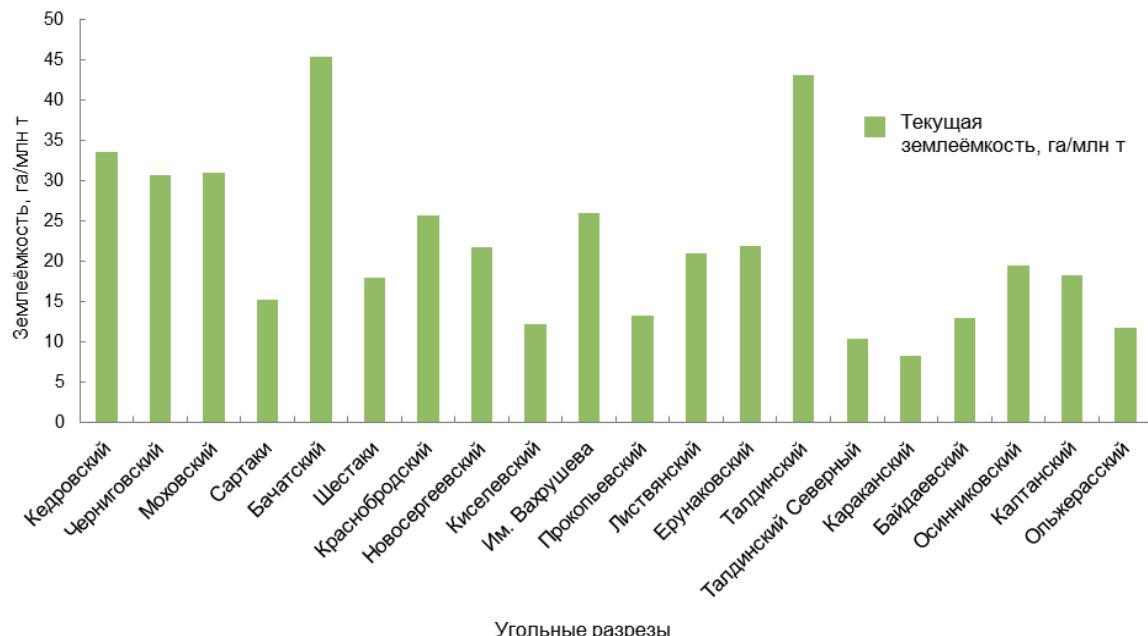


Рисунок 2. Укрупнённые показатели землеёмкости производства открытой угледобычи в Кемеровской области / Figure 2. Enlarged indicators of ground capacity of open coal mining production in the Kemerovo region.

Примеры применения поперечной системы разработки в зарубежных странах.

Карьер, страна	Запасы, млн т	Площадь горного отвода, га	Количество пластов	Мощность пластов, м	Угол падения пластов, град.	Мощность карьера, млн т/год	Коэффициент вскрыши, м ³ /т	Глубина, м
Westfield, Великобритания	20	372	6	—	10–45	—	15,3	206
Nant Helen, Великобритания	3,3	308	13	0,2–3,5	0–10	—	22	146
Park Slip Extension, Великобритания	2,3	179	23	0,2–1,1	0–10	0,3	19	120
Ffos Las, Великобритания	3,3	423	11	0,2–5,5	0–7	—	19	140
Keekle Ektension, Великобритания	2,1	320	16	0,1–1,7	1–4	0,23	21	120
Keekle Ektension, Великобритания	2,1	320	16	0,1–1,7	1–4	0,23	21	120
Dalguhandy, Великобритания	15	1046	16	0,2–1,9	1–10	1,0	15	110
Herault, Франция	3,9	—	8	2–6	70	0,2	6	—
Gerrejon, Колумбия	300	3800	40	1–10	10–35	до 15	5–6	225
Kemmerer, США	—	—	10	3–30	25–30	3,2	4,6	—
Saxonvale, Австралия	4700	—	11	2–20	5–20	До 7	4,5	300
Mesa, Канада	22	—	5	1–9	22–40	5,3	5,6	200
Wolverine, Канада	—	—	8	0,7–4,3	15–27	1	—	240

Самым крупным в мире карьером с поперечной системой разработки является совместное предприятие (США и Колумбия) GERRE ON в Колумбии с годовой производительностью по полезному ископаемому до 15 млн т угля в год. На карьере разрабатывается до 40 наклонных пластов угля с диапазоном залегания 10°–35°, мощностью 1–10 м. Максимальная глубина разработки 225 м при ширине карьера 2 км. Длина первоначального этапа разработки составляет 10 км с запасами более 300 млн т. Коэффициент вскрыши 5–6 м³/т. Отвалообразование после шестого года разработки внутреннее с параллельным ведением рекультивации.

Таким образом, по анализу работы зарубежных угольных карьеров можно заключить, что землеёмкость в несколько раз ниже, чем на отечественных предприятиях, что обеспечивается системами разработки с внутренними отвалами.

В Кемеровской области зачастую при одной и той же территориальной расположенности горных предприятий весьма перманентно представлены данные ценообразования арендой платы за пользование земельными паями, но для теоретических расчетов землеёмкости можно применить долевые абсолютные единицы (проценты) [15]. Тогда, выбирая текущую землеёмкость за базовый уровень, определим теоретические функции ее распределения в зависимости от её исходного состояния и прогнозных значений при возможных диапазонах прироста производственных мощностей (рис. 3).

Анализ данных на рис. 3 показывает, что прогнозный прирост производственной мощности угольного разреза A_n в отношении долевого увеличения землеёмкости 3_n подчиняется экспоненциальному закону с коэффициентом аппроксимации $R^2 = 0,9851$:

$$3_n = 40,139 e^{0,00574 A_n}, \quad (1)$$

где A_n – приращение годовой производственной мощности в диапазоне от 5 до 50%; 3_n – соответствующее долевое увеличение землеёмкости при наращивании производственной мощности, га/млн т/год.

Выражение (1) справедливо только при открытой разработке наклонных и крутопадающих угольных залежей Кемеровской области при использовании углубочных продольных систем разработки. Для случаев, отличающихся иными горно-геологическими и техническими условиями, требуются дополнительные вычисления.

Для расчета землеёмкости, когда в условия производства вводится такой объект, как внутренний отвал, в качестве примера выберем два действующих угольных разреза – «Бачатский» (крутопадающая угольная залежь) и «Сартаки» (наклонная угольная залежь).

В расчетах учтены следующие теоретические подходы:

– для поддержания достигнутой производственной мощности в течение периода видоизменения системы открытой разработки необходимо

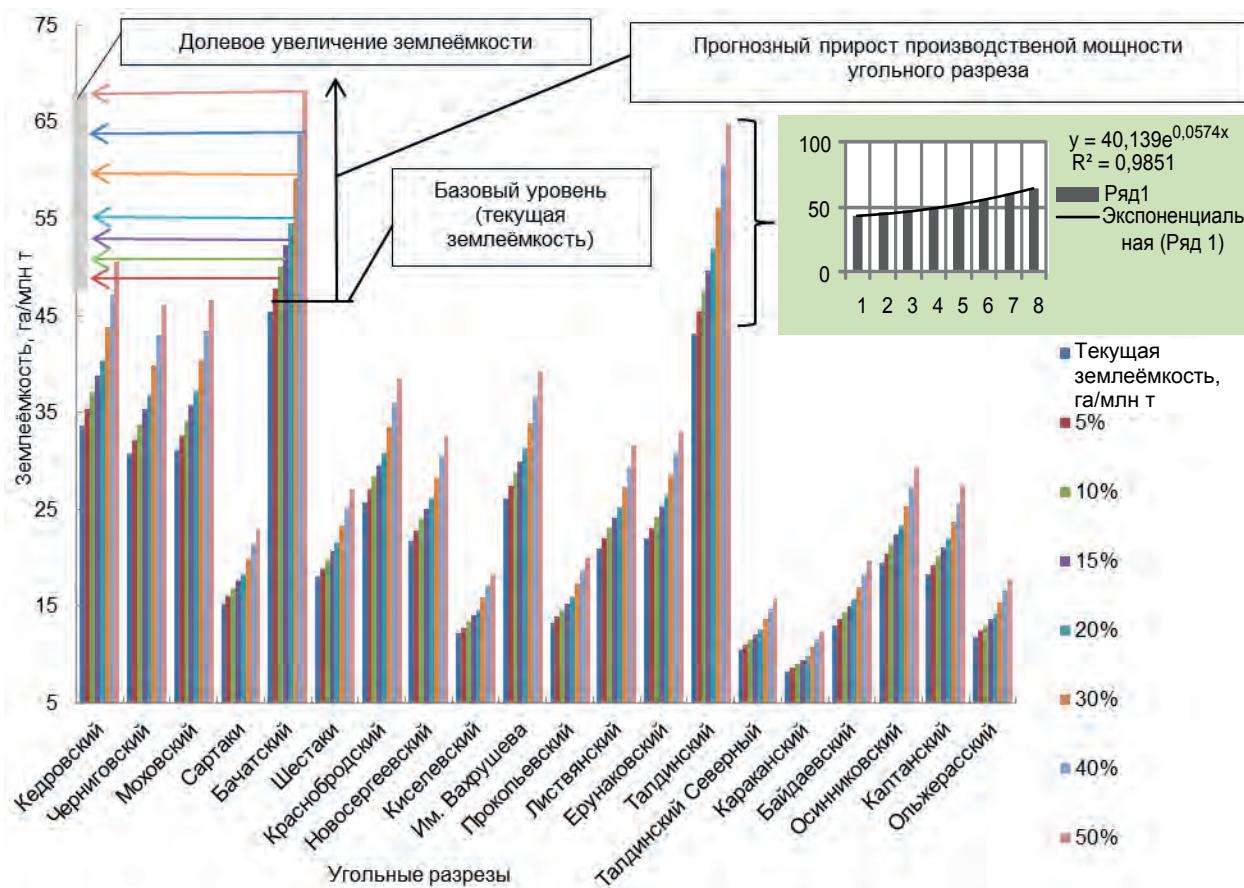


Рисунок 3. Землеёмкость угольных разрезов при разработке наклонных и крутопадающих залежей в зависимости от её текущих уровней и теоретических функций прогнозных значений при возможных диапазонах прироста производственных мощностей / Figure 3. Ground capacity of coal mines in the development of inclined and steep deposits depending on the current levels and its theoretical function of forecast values with the possible ranges of growth of production capacity.

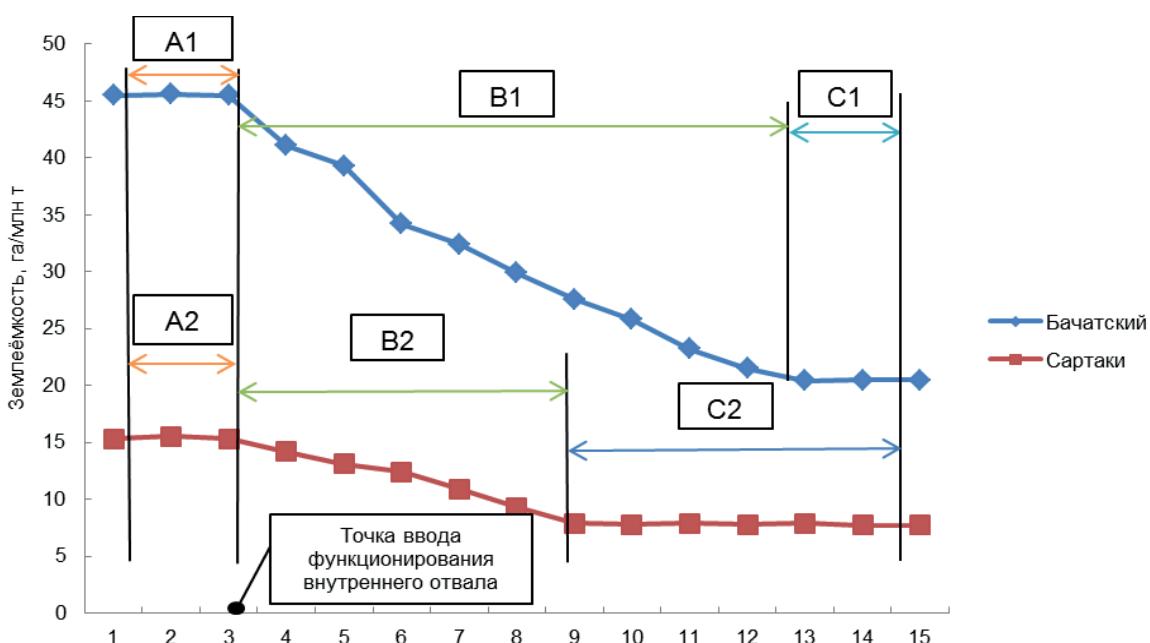


Рисунок 4. Примеры распределения землеёмкости угольных разрезов «Бачатский» и «Сартаки» с выделением этапов эксплуатации с внешним отвалом, перехода на внутренний отвал и складирования вскрышных пород в выработанном пространстве карьерного поля / Figure 4. Examples of distribution of ground capacity of coal mines «Bachatskiy» and «Sartaki» with the allocation of the stages: exploitation with external dump, the transition to an inner dump and storing of overburden in mined-out space of quarry field.

мо следовать сценарно-концентрационным установкам распределения горных работ в карьерном поле [16];

– в процессе технологического перехода от внешнего к внутреннему отвалообразованию необходима раскройка действующих карьерных полей на сектора при выборе места заложения ёмкости под внутренний

отвал и ранжировании совокупной значимости величин, комплексно определяющих природно-технологическое содержание видоизменения системы разработки [17].

Тогда, согласно двум теоретическим посылам, графическое изображение землеёмкости угольных разрезов Кемеровской области при видо-

изменении системы открытой разработки может быть представлено в виде графического изображения (рис. 4).

На графике (рис. 4) следует выделить несколько характерных периодов эксплуатации с соответствующими этому уровнями землеёмкости.

Введём следующие обозначения периодов:

– A_1, A_2 – функционирование угольного разреза с внешним (внешними) отвалами при разработке наклонных и крутопадающих залежей (углобочные системы разработки);

– B_1, B_2 – продолжительность переходного периода от внешнего отвалообразования к внутреннему (видоизменение системы разработки от продольной к поперечной);

– C_1, C_2 – период функционирования угольного разреза при складировании вскрышных пород в выработанном пространстве карьерного поля.

Рассмотрим влияние обозначенных периодов на изъятие земельных угодий. К примеру, угольный разрез эксплуатируется какой-то промежуток времени с внешними отвалами, обозначим продолжительность периода через позиции 1–3. Затем выделим отправную точку, когда предприятие начинает осуществлять технологический процесс по переходу с внешнего на внутреннее отвалообразование, например, в точке 3.

Согласно работе [16], при разработке наклонной залежи угольный разрез по длительности периода технологически переориентируется на внутренние отвалы примерно через 3–5 лет, а при крутопадающем залегании – примерно через 5–8 лет.

Тогда после точки 3 распределение на отрезке периодов B_1, B_2 будет носить линейно убывающий характер с коэффициентом аппроксимации $R^2 = 0,9858$ для разреза «Сартаки» и $R^2=0,9764$ для «Бачатского» в соответствии с временными интервалами длительности, указанными ранее. После этого для наклонной залежи наступает выравнивание уровня землеёмкости, начиная от позиции 9 и для крутопадающей залежи от позиции 13. Иными словами, в периоды C_1, C_2 на землеёмкость будет влиять только карьерное поле, и ее величина снижается в 1,5–2 раза относительно изначального уровня A_1, A_2 . Периоды A_1, A_2 и C_1, C_2 можно охарактеризовать как относительно стабильные и с равнозначной величиной землеёмкости.

Для других угольных разрезов из перечня, представленного на рис. 3, не вошедших в параметрический расчет на рис. 4, также будут аналогично присутствовать характерные периоды, но только от анализируемых ранее отличия будут в иных уровнях числовых значений землеёмкости.

Заключение

По факторам взаимного влияния на землеёмкость угольных разрезов Кемеровской области таких объектов, как карьерное поле, внешний и внутренний отвал, устанавливаются её уровни. Получены новые научные результаты: укрупненная группировка угольных разрезов по землеёмкости в зависимости от производственной мощности; прогнозные изменения её величины от наращивания производительности разрезов; выделены характерные периоды эксплуатации угольного разреза с соответствующими этому уровнями землеёмкости при видоизменении системы разработки.

Сформулированные автором выводы позволяют надеяться, что предлагаемые решения поставленных задач позволят повысить эффективность работы угольных разрезов.

ЛИТЕРАТУРА

- Ржевский В. В. Открытые горные работы. Ч. 2 . Технология и комплексная механизация. М.: Недра, 1985. 549 с.
- Селюков А. В. О технологической значимости внутреннего отвалообразования при открытой разработке угольных месторождений Кемеровской области // ФТПРПИ. 2015. № 5. С. 23–34.
- Косолапов О. В. Типизация воздействий, оказываемых на окружающую среду при разработке месторождений полезных ископаемых // Изв. УГГУ. 2014. № 2 (34). С.54–60.
- Хорошилова Л. С., Тараканов А. В. Проблемы нарушенных земель в Кузбассе и пути их решения // Вестник КузГТУ. 2007. № 2. С. 62–64.
- Славиковская Ю. О. Сравнительная оценка техногенного воздействия на окружающую среду открытой и подземной геотехнологий // ГИАБ. 2011. № 7. С. 188–192.
- Томаков П. И., Коваленко В. С., Тюлькин А. П. Влияние основных природных и горнотехнических факторов на удельную землеёмкость открытой добычи угля // Программа и методика изучения техногенных биогеоценозов. 1978. № 1. С. 208–217.
- Томаков П. И., Коваленко В. С. Природоохранные технологии открытой разработки крутых и наклонных угольных месторождений Кузбасса // Уголь. 1991. № 1. С. 8–12.
- Михальченко В. В., Прокопенко С. А. Экологически чистые технологии – будущее открытой угледобычи в Кузбассе // Уголь. 1992. № 1. С. 11–14.

Алексей Владимирович Селюков,

alex-sav@rambler.ru

Кузбасский государственный технический университет им. Т. Ф. Горбачева
Россия, Кемерово, ул. Весенняя, 28

- Woodruff S. Methods of working coal and metal mines. New York; Oxford, 1966. 488 p.
- Weishi Z., Qingxiang C., Shuzhao C. Optimization of transport passage with dragline system in thick overburden open pit mine overburden open pit mine // International Journal of Mining Science and Technology. 2013. Vol. 23. P. 901–906.
- Chadwick J. Open pit or underground // International Mining. 2012. № 1. P. 28–41.
- Dhananjai V. A finite element approach of stability analysis of internal dump slope in coal field // Mining Journal. 2014. № 5. P. 11–16.
- Lien L. Advances in coal mining technology // The coal handbook: towards cleaner production. 2013. № 1. P. 193–225.
- Daemen J. Mining engineering. Pittsburgh: PA, 2003. 96 p.
- Бирюков А. В., Кузнецов В. И., Ташкинов А. С. Статистические модели в процессах горного производства. Кемерово: Кузбассвызидат, 1996. 228 с.
- Селюков А. В. Оценка численного моделирования процесса адаптации внутреннего отвалообразования к режиму действующих карьерных полей Кемеровской области // Изв. ТГУ. Инженеринг георесурсов. 2015. Т. 326, № 12. С. 60–71.
- Селюков А. В. Гистограммный способ определения местоположения емкости для внутреннего отвала при открытой угледобыче в Кемеровской области // Вестник МГТУ. 2016. Т. 19, № 1/1. С. 40–46.

REFERENCES

- Rzhevskiy V. V. 1985, *Otkrytie gornye raboty. Ch. 2. Tekhnologiya i kompleksnaya mehanizatsiya* [Open pit mining. Part 2. Technology and Integrated mechanization], Moscow, 549 p.
- Selyukov A. V. 2015, *O tekhnologicheskoy znachimosti vnutrennego otvalobrazovaniya pri otkrytoy razrabotki ugol'nykh mestorozhdeniy Kemerovskoy oblasti* [On the technological significance of internal dumping in open coal mining of Kemerovo region]. *Fiziko-tehnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopraemykh* [Journal of Mining Science], no. 5, pp. 23–34.
- Kosolapov O. V. 2014, *Tipizatsiya vozdeystviy okazyvaemykh na okruzhayushchuyu sredu pri razrabotke mestorozhdeniy poleznykh iskopraemykh* [Typization of impacts on the environment in the development of mineral deposits]. *Izvestiya Ural'skogo gosudarstvennogo gornogo universiteta* [News of the Ural State Mining University], no. 2, pp. 54–60.
- Khoroshilova L. S., Tarakanov A. V. 2007, *Problemy narushennyykh zemel' v Kuzbasse i puti ikh resheniya* [Problems of disturbed lands in the Kuzbass and solutions]. *Vestnik KuzGTU* [Vestnik of Kuzbass State Technical University], no. 2, pp. 62–64.
- Slavikovskaya Yu. O. 2011, *Sravnitel'naya otsenka tekhnogennogo vozdeystviya na okruzhayushchuyu sredu otkrytoy i podzemnoy geotehnologiy* [Comparative assessment of anthropogenic impact on the environment of open and underground geotechnology]. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'* [Mining informational and analytical bulletin], no. 7, pp. 188–192.
- Tomakov P. I., Kovalenko V. S., Tyul'kin A. P. 1978, *Vliyanie osnovnykh prirodnnykh i gornotekhnicheskikh faktorov na udel'nyuyu zemleemnost' otkrytoy dobychi uglya* [Impact of major natural and mining factors on the specific ground capacity of open coal mining]. *Programma i metodika izucheniya tekhnogennykh biogeotsenozov* [Program and methodology of studying technogenic ecosystems], no. 1, pp. 208–217.
- Tomakov P. I., Kovalenko V. S. 1991, *Prirodookhrannye tekhnologii otkrytoy razrabotki krutyykh i naklonnykh ugol'nykh mestorozhdeniy Kuzbassa* [Environmental technologies and open development of steep and inclined coal deposits in Kuzbass]. *Ugol'* [Coal], no. 1, pp. 8–12.
- Mikhailchenko V. V., Prokopenko S. A. 1992, *Ekologicheski chistye tekhnologii – budushchee otkrytoy ugledobychi v Kuzbasse* [Environmentally friendly technology – the future of the open coal mining in Kuzbass]. *Ugol'* [Coal], no. 1, pp. 11–14.
- Woodruff S. 1966, Methods of working coal and metal mines, New York, 488 p.
- Weishi Z., Qingxiang C., Shuzhao C. 2013, Optimization of transport passage with dragline system in thick overburden open pit mine. *International Journal of Mining Science and Technology*, vol. 23, pp. 901–906.
- Chadwick J. 2012, Open pit or underground. *International Mining*, no. 1, pp. 28–41.
- Dhananjai V. 2014, A finite element approach of stability analysis of internal dump slope in coal field. *Mining Journal*, no. 5, pp. 11–16.
- Lien L. 2013, Advances in coal mining technology. *The coal handbook: towards cleaner production*, no. 1, pp. 193–225.
- Daemen J. 2003, Mining engineering, Pittsburgh, 96 p.
- Biryukov A. V., Kuznetsov V. I., Tashkinov A. S. 1996, *Statisticheskie modeli v protsessakh gornogo proizvodstva* [Statistical models in processes of mining], Kemerovo, 228 p.
- Selyukov A. V. 2015, *Otsenka chislennogo modelirovaniya protesssa adaptatsii vnutrennego otvalobrazovaniya k rezhimu deystvuyushchikh kar'ernykh poley Kemerovskoy oblasti* [Evaluation of numerical simulation of the process of adaptation of an internal stacking to a mode of current career fields of Kemerovo region]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov* [Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering], vol. 326, no. 12, pp. 60–71.
- Selyukov A. V. 2016, *Gistogrammnyy sposob opredeleniya mestopolozheniya emkosti dlya vnutrennego otvala pri otkrytoy ugledobyche v Kemerovskoy oblasti* [Histogram method for determining the location of the container for internal dump at the open coal mining in the Kemerovo region]. *Vestnik MGTU* [Proceedings of the MSTU], vol. 19, no. 1, pp. 40–46.

Aleksey Vladimirovich Selyukov,

alex-sav@rambler.ru

T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University
Kemerovo, Russia

ПЫЛЕОБРАЗОВАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЫЛИ ГОРНЫХ ПОРОД НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

С. Я. Давыдов, Н. Г. Валиев, Н. М. Суслов, А. Н. Семин, А. И. Ермоляев, Т. Н. Черемисина, М. С. Филатов

Dust formation and use of rocks dust at industrial sites

S. Ya. Davydov, N. G. Valiev, N. M. Suslov, A. N. Semin, A. I. Ermolaev, T. N. Cheremisina, M. S. Filatov

The authors identified the sources of dust formation in quarries and risk of dust effect on staff health. This article presents dust properties depending on its fractional composition and possible ways of use of dust in the production: the use as target products; return to the production that generates this type of dust; recycling in another production with obtaining of commercial products; recycling for construction purposes; agricultural use etc. The authors consider possibility of using pulverized coal as a new fuel. According to studies of granulometric composition of fragmented by explosion rocks of various hardness, for each kilogram of explosives during mass explosions gaseous cloud obtains from 80 to 320 g of particulate fraction of up to 20 microns. One can see a presented dust properties, depending on the particle size, and the dependence by definition of the dust and gas atmospheric pollution in the production of massive explosions. The Authors also propose a new all-terrain vehicle with the air bag for collection and transportation of dust-raising bulk materials in the conditions of obstruction on the land, such as in quarries after blasting, excavation, works on movement of the rock mass, and others. This article contains the description and operating principle of the new vehicle, and the main parameters of speed airflow depending on the fractional composition of dust. Authors suggest dependences for differential pressure to create an airbag and the suction line, as well as in the flexible suction conduit, in the intake nozzle, in the filter and expenditure of transported air in the suction line.

Keywords: career; dangerous and harmful manufacturing processes; raw materials dust; dust removal; vehicle; labor safety; airbag; compressed air; differential pressure; vacuum.

Определены источники образования пыли в карьерах и опасность влияния пыли на здоровье обслуживающего персонала. Представлены свойства пыли в зависимости от ее фракционного состава и возможные пути использования пыли в производстве: использование в качестве целевых продуктов; возврат в производство, в технологии которого образуется данный вид пыли; переработка пыли в другом производстве с получением товарных продуктов; утилизация в строительных целях; сельскохозяйственное использование и др. Рассмотрена возможность использования угольной пыли в качестве нового топлива. По данным исследований гранулометрического состава раздробленных взрывом горных пород разной крепости установлено, что в расчете на 1 кг взрывчатых веществ при проведении массовых взрывов в пылегазовое облако поступает от 80 до 320 г пылевой фракции до 20 мкм. Представлены свойства пыли в зависимости от размера частиц, а также зависимость по определению пылегазового загрязнения атмосферы при производстве массовых взрывов. Предложено новое транспортное средство высокой проходимости с использованием воздушной подушки для подборки и транспортировки пылеобразующих сыпучих материалов в условиях непроходимости по сухие, например в карьерах после взрывных работ, экскавации, работ по перемещению горной массы и др. Даны описание и принцип действия нового транспортного средства. Представлены основные скоростные параметры воздушного потока от фракционного состава пыли. Предложены зависимости по определению перепадов давления для создания воздушной подушки и во всасывающей линии, а также во всасывающем гибком трубопроводе, в заборном сопле, в фильтре и расход транспортируемого воздуха во всасывающей линии.

Ключевые слова: карьеры; опасные и вредные технологические процессы; пыль сырьевых материалов; пылеулавливание; транспортное средство; охрана труда; воздушная подушка; скатый воздух; перепад давления; вакуум.

K самим вредным производствам и профессиям по показателям вредности и с тяжелыми условиями труда относятся горные работы. Современный уровень открытых горных работ характеризуется большой мощностью используемого оборудования и высокой интенсивностью технологических процессов на глубинах до 300–600 м.

Основными наиболее опасными и вредными технологическими процессами на карьере являются: буровзрывные работы, экскавация горной массы, транспортировка горной массы, складирование, отвалообразование. В условиях этих работ, на безопасность работающих в карьере влияет такой опасный и вредный фактор, как интенсивное пылеобразование.

Пыль, образующаяся на предприятиях строительной индустрии, весьма разнообразна по свойствам, химическому и дисперсному составу [1]. Неорганической является пыль сырьевых материалов горных пород и строительных материалов. Все горные породы (и пыль горных пород) делятся по способу образования на три большие группы: изверженные, осадочные и метаморфические.

Извещенные породы (гранит, диорит и им подобные) широко используются в производстве щебня, необходимого для получения высокопрочных бетонов. Для пыли изверженных пород характерен средний диаметр частиц 20–30 мкм, площадь удельной поверхности 2500–4500 см²/см³.

Пыль осадочных пород – это пыль песка, каолина, глины, доломита, известняка. Осадочные породы наиболее широко применяются в произ-

водстве строительных материалов. Например, песок является сырьевым материалом силикатного и глиняного кирпича, стеклянного и минерального волокна, а также входит в состав керамических изделий. Метаморфические породы (гнейс, кварцит, талькомагнетит) используются в производстве оgneупорных материалов.

Глинистые, или тонкодисперсные, породы состоят из обломков диаметром менее 0,01 мм, при этом до 30 % обломков имеют диаметр менее 0,001 мм. К этой группе относится глина – весьма широко распространенная порода на поверхности земли. Типичные минералы глин – каолинит и монтмориллонит. Кроме того, в глине имеются обломки гидрослюд, кварца, полевого шпата, слюды, иногда примеси гидроокислов железа, карбонатов, сульфатов и др. Пластиичные глины, состоящие из каолинита, гидратов окиси алюминия и слюды, носят название оgneупорных глин (не плавятся до температуры 1700 °C). Используются они для изготовления оgneупорных кирпичей. Глина, состоящая из каолинита, носит название каолина. В случае отсутствия посторонних примесей она обладает белым цветом. Глины из монтмориллонита называют бентонитовыми. Они высокодисперсны, благодаря чему используются для отбеливания тканей и очистки различных нефтепродуктов, вин, масел, шерсти. Плотные, сцепленные кремнеземом глинистые породы называются аргиллитами. Глины имеют широкое применение: тощие глины (содержащие примеси зерен кварца, халцедона, опала и окислов железа) применяются для изготовления кирпичей, черепицы, красок, портландцемента; жирные глины, содержащие большое количество каолинита или полностью состоящие из него (каолиновые глины), являются ценным сырьем для фарфоровой промышленности (URL: <http://www.prokamni.ru/content/view/383/>).

Возможные пути использования пыли:

- в качестве целевых продуктов;
- возврат в производство, в технологии которого образуется данный вид пыли;
- переработка пыли в другом производстве с получением товарных продуктов;

– утилизация в строительных целях;

– сельскохозяйственное использование и др.

Пыль, образовавшаяся при добыче строительных материалов открытым способом, используется в строительной отрасли для строительства дорог и в производстве таких материалов, как кирпич и керамическая плитка. Недавние исследования по потенциальну карьерной пыли на цементных смесях фокусировались на частичной замене песка.

Следует отметить силикоопасность пыли метаморфических пород, так как наличие свободной двуокиси кремния в кварцевой пыли достигает 70–85 %.

Добыча и обработка асбеста являются крупной отраслью промышленности. Разработка ведется преимущественно открытым способом с дальнейшим обогащением руды на фабриках. Месторождения разбросаны по всему миру, крупнейшее из которых находится в России на Урале. Асбестовая пыль выделяется на разных этапах производства асбеста и асбестоцементных изделий (URL: <http://biofile.ru/bio/36816.html>). Пыль асбеста была квалифицирована как канцерогенное вещество. Безопасного количества асбестовой пыли не существует. Любая доза способна

Свойства пыли в зависимости от размера частиц.

Показатель	Размер частиц, мкм			
	> 5	0,1–5	0,001–0,1	< 0,001
Характеристика частиц	Грубодисперсные	Тонкодисперсные	Коллоидные	Молекулярные
Видимость при наблюдении	Видимы простым глазом	Видимы под микроскопом	Видимы под ультрамикроскопом	Невидимы
Способность к диффузии	Не способны	Почти не способны	Способны с малой скоростью	Способны
Способность к коагуляции	Не способны	Способны	Способны	Не способны
Участие в броуновском движении	Не участвуют	Небольшое участие	Участвуют	Участвуют

стать причиной заболевания. В первую очередь асбест причиняет вред тем, кто с ним регулярно работает: при добыче, строительстве, производстве. Опасно даже одно волокно асбеста, попавшее в легкие человека (URL: http://www.b-g.ru/6_2011/society/7667/).

Наибольшим фиброгенным действием обладают пылевые частицы, содержащие свободную двуокись кремния (SiO_2). Весьма опасна для здоровья работающих пыль кварца, кристобалита и тридимита, образующаяся при производстве стекла и динасовых изделий, содержащая свыше 90 % свободной двуокиси кремния.

При производстве массовых взрывов выделяется огромное количество пыли и газа в окружающую среду. Масса скважинных зарядов при взрывной отбойке карьерах достигает 300–1000 т, а масса взорванной горной породы достигает 5 млн т. По данным исследований гранулометрического состава раздробленных взрывом горных пород разной крепости установлено, что расчете на 1 кг взрывчатых веществ при проведении массовых взрывов в пылегазовое облако поступает от 80 до 320 г пылевой фракции до 20 мкм [2]. Авторами работы [3] было установлено, что удельное количество пыли на единицу объема горной массы зависит от крепости пород, возрастает с увеличением глубины выработки и изменяется в диапазоне 30–160 г/м³.

Известно, что степень вредного воздействия пыли на оборудование и персонал карьера определяется её физико-химическими свойствами и концентрацией в воздухе. В свою очередь, свойства пылевых частиц в основном зависит от их минералогического и химического состава и крупности.

В зависимости от крупности частиц различают:

- крупную пыль (100–500 мкм), которая легко выпадает из потоков газа;
- мелкую пыль (10–100 мкм), которая оседает в спокойной среде;
- тонкую пыль – туманы (0,1–10 мкм), которая трудно оседает даже в спокойной газовой среде;
- весьма тонкую пыль – дымы (< 0,1 мкм), находящуюся в броуновском движении и не оседающую в обычных условиях.

Более подробная характеристика изменения свойств пыли в зависимости от крупности частиц приведена в таблице [4].

Дисперсность витающей пыли в карьерах чрезвычайно высока. Так, в атмосфере Сибайского карьера при экскаваторных работах, на дорогах при движении автосамосвалов вся пыль имеет размеры до 5 мкм, в том числе 98 % частичек – 2 мкм и меньше. В кабинах экскаваторов Высокогорского, Гороблагодатского и Лебединского железорудных, Гайского серно-обогатительного и Сорского молибденового карьеров число пылинок до 3 мкм составляет 75–80 %. Частички пыли до 2 мкм на различных рабочих местах в Коркинских и Богословских карьерах составляют 71–73 %.

Дисперсный состав пыли можно представить в виде содержания по числу или по массе частиц различных фракций. Большинство промышленной пыли подчиняется нормальному-логарифмическому закону распределения частиц по размерам. В этом случае интегральная кривая распределения частиц по размерам может быть выражена аналитически [5]:

$$D(d_q) = \frac{100}{\lg \sigma_q \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\lg d_q} e^{-\frac{\lg^2(d_q/d_m)}{2\lg^2 \sigma_q}} d \lg d_q,$$

где $D(d_q)$ – относительное содержание частиц меньше данного размера d_q %; σ_q – среднее квадратичное отклонение в функции данного распределения; $\lg(d_q/d_m)$ – логарифм отношения текущего размера d_q к медианному для данного распределения размеру d_m , который представляет собой такой размер, при котором число частиц крупнее d_m равно числу частиц мельче d_m .

Максимальный размер отдельных пылинок, попадающих в легкие человека, обычно не превышает 10 мкм, основное количество частиц имеет размер 5 мкм и ниже. Наиболее опасными считаются частицы, размеры которых не превышают 2 мкм. В атмосфере Ангренского разреза указывают на то, что витающая в разрезе пыль полидисперсная и содержит до 95 % частиц размерами не более 10 мкм.

Производственная пыль – одна из наиболее распространенных профессиональных вредностей, которая может вызывать пылевые заболевания, занимающие первое место в мире среди профессиональных заболеваний.

Опасность легочных заболеваний возрастает с увеличением содержания в пылевом аэрозоле свободной двуокиси кремния. При этом отмечено, что удельная доля двуокиси кремния в составе пыли на железорудных карьерах изменяется от 5,5 до 16,7 %, а на карьерах, добывающих руды цветных металлов, она может достигать 60 %. Особую опасность представляют пылевые образования в атмосфере карьеров, добывающих радиоактивные руды. Вдыхание пыли, содержащей уран, радий, радиоактивный свинец, соединения тория, полония и другие изотопы, а также пыли с адсорбирующими на ней из воздуха короткоживущими продуктами распада радона, активность которых на четыре–пять порядков превышает активность указанных ранее веществ, приводит к внутреннему облучению и раку легких. Некоторые виды пыли (например, угольная, торфяная, серная), взвешенные в воздухе, также представляют собой взрывоопасную смесь.

Около 30 % угля теряется в виде пыли во время добычи, и от 50 до 60 млн т материала ежегодно остается под землей. Исследователи из Университета Нельсона Мандэлы в Южной Африке разработали новое топливо, которое произведено из комбинации водорослей и угольной пыли. Угольная пыль в качестве основного компонента является побочным продуктом процесса добычи угля. Это топливо, как утверждается, может оказать существенное положительное влияние на окружающую среду (URL: <http://gisprofi.com/gd/documents/uchenyye-proizveli-novoe-toplivo-iz-ugolnoj-pyli-i-vodoroslej.html>).



Рисунок 1. Ячеистая поверхность туфов – результат выветривания / Figure 1. Cellular surface of tuffs – the result of weathering.



Рисунок 2. ТСВП – судно на воздушной подушке СЛАВИР / Figure 2. A vehicle with high cross – hovercraft SLAVIR.

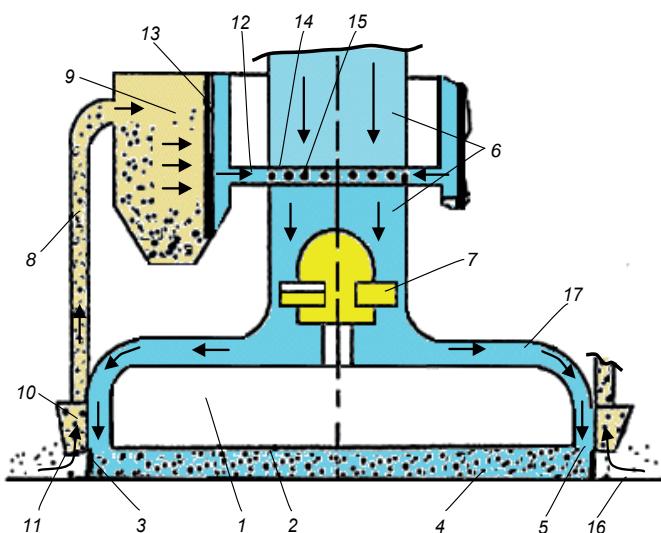


Рисунок 3. Транспортное средство высокой проходимости / Figure 3. A vehicle with high cross.

В настоящее время существует несколько методик по расчету пыле-газового загрязнения атмосферы при производстве массовых взрывов на карьерах, например, методика расчета вредных выбросов для комплекса оборудования открытых горных работ (на основе удельных показателей), разработанная ИГД им. А. А. Скочинского [6]. Масса твердых частиц (пыли), выбрасываемых с пылегазовым облаком, т, определяется по зависимости

$$m = qKQ10^{-3},$$

где q – удельное пылевыделение по методике ИГД им. А. А. Скочинского, $q = 0,11 \text{ кг}/\text{м}^3$; K – переводной поправочный коэффициент прочностного породного пылевыделения, $K = 1$; Q – количество одновременно взрываемой горной массы, т.

Поэтому пылеулавливание на карьере является одной из важнейших задач обеспечения безопасности жизнедеятельности обслуживающего персонала. Проблема очистки воздуха в карьерах, является весьма актуальной с точки зрения производительности работ по добыче горной массы, а также с точки зрения обеспечения санитарных норм, ограничивающих предельно допустимые концентрации в воздухе вредных газов и аэрозоля. Известный комплекс мер по уменьшению пылеобразования на карьерах не позволяет полностью справиться с этой проблемой.

Кроме ранее перечисленных пылевых образований, присутствует геологическая деятельность ветра, часто называемая золовой, которая связана с динамическим воздействием воздушных струй на горные породы и выражается в разрушении, размельчении пород, гладживании и полировке их поверхностей, перенесении обломочного материала и отложении его на поверхности земли. В неоднородных породах, состоящих из минералов различной стойкости, под ударами песчинок, получающих вращательное движение (вследствие турбулентного, или вихревого, характера движения атмосферы), высверливаются небольшие углубления – ячей. Так возникают ячеистые скальные поверхности, напоминающие пчелиные соты в несколько увеличенном виде (рис. 1).

Перед авторами статьи встал вопрос, можно ли не только уменьшить работы по очистке воздуха в карьерах от пыли, но и собрать эту пыль как ценное добавочное сырье для промышленных предприятий. Пыль, образовавшаяся при разработке карьеров, используется в строительной отрасли.

Для решения этой задачи авторы предложили транспортное средство высокой проходимости (ТСВП).

В настоящее время известно большое количество машин высокой проходимости, которые решают в основном одну задачу – перемещение по труднодоступной местности, т. е. такие виды транспорта, которым не нужны дороги. Одно из известных ТСВП представлено на рис. 2. Его световой клиренс составляет 0,35 м – расстояние между самой нижней частью судна на воздушной подушке и поверхностью суши во время его движения, что позволяет ТСВП беспрепятственно проходить по бездорожью.

Разработанное судно на воздушной подушке относится авторами [7, 8] к транспортной технике с использованием для перемещения воздушной подушки, а также для подборки и транспортировки пылеобразных сыпучих материалов в условиях непроходимости по суше, например в карьерах после взрывных работ, экскавации, работ по перемещению горной массы и др.

Важнейшей задачей разработки является расширение области ТСВП использования для сбора пылеобразующего сыпучего материала с поверхности грунта, который является добавочным ценным сырьем для промышленных предприятий. Это позволяет экономить энергетические затраты на производство той же самой промышленной пыли, получая ее уже в готовом виде.

ТСВП содержит корпус 1 с днищем 2 и гибкое ограждение 3 полости 4 воздушной подушки, выполненное по периметру днища 2 (рис. 3).

За пределами периметра гибкого ограждения 3 воздушной полости 4 днища 2 установлены сопла 5 (щелевые сопла) для подачи сжатого воздуха в полость 4 воздушной подушки. Всасывающий воздухозаборник 6 снабжен нагнетателем 7 воздуха. Перепускные трубопроводы 8 подсоединенны к грузовому контейнеру 9. За пределами периметра ограждения (юбки) 3 воздушной полости 4 днище 2 снабжено закольцованным патрубком 10 с соплами 11 для засасывания сыпучего материала. При этом закользованный патрубок 10 посредством перепускных трубопроводов 8 сообщен последовательно сначала с грузовым контейнером 9 для сбора сыпучего материала, а затем с воздухозаборником 6. Для очистки воздуха от сыпучего материала грузовой контейнер 9 снабжен фильтром 13. К грузовому контейнеру 9 подведен перепускной трубопровод 12, который преобразован в закользованный перфорированный трубопровод 14, встроенный в периметр воздухозаборника 6. Отверстия 15 перфорированного трубопровода 14 обращены в полость воздухозаборника 6.

С помощью нагнетателя воздуха 7 создаются расчетное избыточное давление, которое рассчитывают из условия веса перемещаемого транспортного средства. Величина подъема транспортного средства над почвой на оптимальную величину устанавливается автоматически. При большой величине подъема давление воздуха будет снижаться благодаря увеличивающемуся зазору между бортом юбкой 3 и поверхностью 16 почвы, устранить который полностью не представляется возможным, и тогда избыточного давления в пространстве будет недостаточно для дальнейшего подъема транспортного средства, в результате чего оно опустится. Воздушная подушка между гибкой юбкой 3 и плоским днищем 2 создается потоком воздуха из колыцевых сопел 5. Под днищем 2 образуется слой сжатого воздуха, который приподнимает транспортное средство над земляной поверхностью 16. Изменения высоты подъема в процессе перемещения транспортного средства на воздушной подушке осуществляется за счет регулирования формы и геометрических размеров сопел 5. Потоками сжатого воздуха из сопел 5 происходят ворожение, выбивание и подъем пылевых частиц материала из неровных поверхностей почвенной поверхности 16. При перемещении воздуха нагнетателем 7 в воздухозаборник 6 создается разрежение. Поднятые пылевые частицы засасываются потоками воздуха соплами 11 в закользованный патрубок 10 и направляются по перепускным трубопроводам 8 в бункер 9. После очистки фильтром 13 от пылевых частиц воздух засасывается в воздухозаборник 6. В воздухозаборник 6 очищенный воздух смешивается с атмосферным, откуда эта воздушная смесь нагнетателем 7 по воздуховоду 17 через сопла 5 подается в полость 4 воздушной подушки.

Для данного варианта использования новой разработки перепад давления для нагнетателя 7 определяется по следующей зависимости [1, 9], Па:

$$\Delta P_{\text{пер}} = \Delta P_{\text{наг}} + \Delta P_{\text{в}},$$

где $\Delta P_{\text{наг}}$ – потеря давления нагнетателя для создания воздушной подушки, Па; $\Delta P_{\text{в}}$ – потеря давления во всасывающей линии, Па.

Потребная производительность вентиляторов для ТСВП с сопловой схемой на 30–40 % меньше, чем для судов с камерной схемой при той же высоте парения. Это обстоятельство позволяет применять для сопловых схем вентиляторы меньших габаритов, что является дополнительным преимуществом сопловой схемы.

В настоящее время для создания воздушной подушки ТСВП применяются преимущественно осевые вентиляторы. Обычно их располагают симметрично относительно центра тяжести площади подушки или на вертикальной оси, проходящей через него.

Давление в воздушной подушке для малых аппаратов колеблется в пределах 80–100 кг/м². Скорость воздуха по воздуховоду 20 м/с [9].

Чем больше скорость воздушного потока, тем значительнее производимая им работа: скорость 4,4–6,7 м/с несет пыль, 9,3–15,5 м/с – песок, а 18,9 м/с – гравий. При скорости 22,6–58,6 м/с могут передвигаться и переноситься мелкие камешки и галька (URL: <http://www.ronl.ru/referaty/geologiya/14892/>).

Потерю давления нагнетателя для создания воздушной подушки $\Delta P_{\text{наг}}$ можно определить по формуле [9]:

$$\Delta P_{\text{наг}} = 0,11 \left(\frac{\Delta}{\sqrt{S}} \right)^{0,25} l_p v^2 / \sqrt{S},$$

где Δ – шероховатость воздуховода, м; S – площадь поперечного сечения воздуховода, м²; l – длина воздуховода, м; ρ_b – плотность воздуха в возду-

ховоде, кг/м³; v – скорость движения воздуха по воздуховоду, м/с.

Суммарная потеря напора ΔP_b , создаваемого во всасывающей линии ТСВП, определяется как сумма потерь давления на отдельных участках:

$$\Delta P_b = \Delta P_t + \Delta P_c + \Delta P_\phi,$$

где ΔP_t – потери давления во всасывающем трубопроводе, Па; ΔP_c – потеря динамического напора транспортирующего воздуха в заборном сопле, Па; ΔP_ϕ – потеря давления в фильтре очистки запыленного воздуха, Па.

При создании всасывающей линии ТСВП подробный расчет суммарной потери напора можно выполнить по методике [1].

Общие потери давления во всасывающем гибком трубопроводе

$$\Delta P_t = K_t (l_n + K_k l_k) (\lambda_b \rho_b v^2 + \lambda_m \mu_b v^2) / (2 D_{tp}),$$

где K_t – экспериментальный коэффициент, характеризующий материал трубопровода; l_n – длина криволинейного участка трубопровода, м; l_k – длина криволинейного участка трубопровода, м; K_k – коэффициент дополнительного увеличения потерь давления в гибком трубопроводе переменной конфигурации, выполненном из армированного резинотканевого рукава; λ_b – коэффициент сопротивления движению чистого воздуха; λ_m – коэффициент сопротивления движению всасываемого материала по прямолинейному участку трубопровода; μ – концентрация смеси, кг/кг; v_b – скорость воздуха во всасывающем трубопроводе, м/с; v_m – скорость движения частиц материала во всасывающем трубопроводе, м/с; D_{tp} – диаметр трубопровода, м.

Потеря динамического напора транспортирующего воздуха в заборном сопле:

$$\Delta P_c = 0,664 \rho_h h_m g + 1,52 \frac{Q_p^2}{\rho_h} \left(\frac{12,1}{d_{b,c}^4} + \frac{0,28}{d_c^4} \right),$$

где $d_{b,c}$ – диаметр входного сечения сопла, м; d_c – диаметр сопла, м; h_m – высота слоя загружаемого материала, м; ρ_h – насыпная плотность частиц материала, кг/м³; Q_p – расчетная производительность разгрузки, кг/мин.

Потери давления в фильтре, Па:

$$\Delta P_\phi = \Delta P_{\phi,q} [1 - (0,03 + 2,19 \times 10^{-6} G) \mu],$$

где $\Delta P_{\phi,q}$ – потери давления в фильтрах на чистом воздухе, определяются по зависимости, Па: $\Delta P_{\phi,q} = 8 Q_b^{0.9}$, где Q_b – расход транспортирующего воздуха во всасывающей линии, м³/с;

$$Q_b = Q_v / (3,6 \mu_b);$$

G – грузоподъемность цистерны, кг; μ – концентрация материаловоздушной смеси на входе в цистерну, кг материала/кг воздуха,

Таким образом, применение ТСВП в горной промышленности и производстве строительных материалов решает экологические, производственные и технические задачи. Экологическая задача – это охрана окружающей среды от вредных примесей, которые содержит в себе производственная пыль. Производственная задача – охрана труда рабочих. Техническим результатом является расширение области использования транспортного средства высокой проходимости для сбора пылеобразую-

щего сыпучего материала с поверхности грунта, который является добавочным ценным сырьем для промышленных предприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Давыдов С. Я. Энергосберегающее оборудование для транспортировки сыпучих материалов: исследование, разработка, производство. Екатеринбург: УГТУ – УПИ, 2007. 317 с.
2. Адушкин В. В. Основные факторы воздействия открытых горных работ на окружающую среду // Горный журнал. 1996. № 4. С. 49–55.
3. Бересневич П. В. Аэроботика карьеров. М.: Наука, 1990. 280 с.
4. Руденко К. Г., Калмыков А. В. Обеспыливание и пылеулавливание при обработке полезных ископаемых. М.: Недра, 1987. 264 с.
5. Овчинников А. А., Дубкова Н. З., Кузнецова М. Г. и др. Исследование процесса улавливания твердых частиц в высокоеффективных скрубберах вихревого типа. Казань: КГТУ, 2009. 77 с.
6. Методика расчета вредных выбросов (бросов) для комплекса оборудования открытых горных работ (на основе удельных показателей). Люберцы: ННЦ ГП – ИГД им. А. А. Скочинского, 1999. 47 с.
7. Транспортное средство высокой проходимости / Давыдов С. Я., Черемисина Т. Н. Заявка на изобретение № 2015157171 от 29.12.2015.
8. Давыдов С. Я., Боярских Г. А., Белов С. В., Черемисина Т. Н. Пылеобразование и решения по пылеулавливанию в карьерах / ГИАБ. 2016. № 3. 10 с. / Деп. в изд-ве «Горная книга» 13.01.16, № 1065/3-16.
9. Вавилов И. С. Летательный аппарат на воздушной подушке: проблемы стойчивости // Омский научный вестник. Сер. «Приборы, машины и технологии». 2009. № 2 (80). С. 133–136.

REFERENCES

1. Davydov S. Ya. 2007, *Energosberegayushchee oborudovanie dlya transportirovki sypuchikh materialov: Issledovanie, razrabotka, proizvodstvo* [Energy-saving equipment for the transport of bulk materials: Research, development, production], Ekaterinburg, 317 p.
2. Adushkin V. V. 1996, *Osnovnye faktory vozdeystviya otkrytykh gornykh rabot na okrughayushchuyu sredu* [The main influencing factors of open cast mining on the environment]. Gornyy zhurnal [Mining journal], no. 4, pp. 49–55.
3. Beresnevich P. V. 1990, *Aerologiya kar'ev* [Aerology of quarries], Moscow, 280 p.
4. Rudenko K. G., Kalmykov A. V. 1987, *Obesplyivaniye i pyleulavlivaniye pri obrabotke poleznykh iskopаемых* [Dedusting and dust collection in the processing of minerals], Moscow, 264 p.
5. Ovchinnikov A. A., Dubkova N. Z., Kuznetsov M. G. et al. 2009, *Issledovaniye protsesa ulavlivaniya tverdykh chastits v vysokoeffektivnykh skrubberakh vikhrevogo tipa* [Research of the process of trapping particulates in highly effective vortex type scrubbers], Kazan', 77 p.
6. 1999, *Metodika rascheta vrednykh vybrosov (sbrosov) dlya kompleksa oborudovaniya otkrytykh gornykh rabot (na osnove udel'nykh pokazateley)* [Methodology for calculating of harmful emissions (discharges) for opencast mining equipment (based on specific indicators)], Lyubertsy, 47 p.
7. Davydov S. Ya., Cheremisina T. N. *Transportnoe sredstvo vysokoy prokhodnosti. Zayavka na izobretenie № 2015157171 ot 29.12.2015* [High cross vehicle. The application for the invention № 2015157171 from 12.29.2015].
8. Davydov S. Ya., Boyarskikh G. A., Belov S. V., Cheremisina T. N. 2016, *Pyleobrazovaniye i resheniya po pyleulavlivaniyu v kar'eraakh* [Dust formation and solutions for dust collection in quarries]. Gornyy informatsionno-analiticheskii byulleten' [Mining informational and analytical bulletin], no. 3, pp. 171–180.
9. Vavilov I. S. 2009, *Leteatel'nyy apparat na vozдушnoy podushke: problemy ostoychivosti* [Dusting and solutions for dust removal in quarries]. Omskiy nauchnyy vestnik: seriya "Pribory, mashiny i tekhnologii" [Omsk Scientific Bulletin. Equipment, machines and technology], no. 2, pp. 133–136.

Станислав Яковлевич Давыдов,
davidovtrans@mail.ru

Нияз Гадым-оглы Валиев,
Николай Максимович Суслов,
Александр Николаевич Сёмин,
Александр Иванович Ермолаев,
Татьяна Николаевна Черемисина,
Михаил Сергеевич Филатов,
Уральский государственный горный университет
Россия, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

Stanislav Yakovlevich Davydov,
davidovtrans@mail.ru

Niyaz Fadym-ogly Valiev,
Nikolay Maksimovich Suslov,
Aleksandr Nikolaevich Semin,
Aleksandr Ivanovich Semin,
Tatyana Nikolaevna Cheremisina,
Mikhail Sergeevich Filatov,
Ural State Mining University
Ekaterinburg, Russia

СНИЖЕНИЕ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ ПРИРОДНУЮ СРЕДУ ПРИ РАЗРАБОТКЕ КРУТОНАКЛОННЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Б. А. Анфёров, Л. В. Кузнецова

Reducing the negative impact on the natural environment during steeply inclined coal seams

B. A. Anferov, L. V. Kuznetsova

In order to reduce the negative impact on the environment in the development of steeply inclined coal seams authors propose to replace the open method of coal mining to a combined (open-underground). The technology is designed for the development of coal-beds of medium power (2.2 m) and powerful. The authors propose opening the deposit by open way by conducting cutting slanted trench from the work area located in the zone of the layers outputs to the drifts; and preparation of coal seams by carrying by rock of sloping production, layer chambers, and crosscuts or connections. Development is carried out by underground methods by mobile means of mechanization in excavation chambers. Opening and preparation of a single layer is carried out by an individual scheme, a formation of layers – according to the group scheme. For conducting of preparatory and cleaning work using the same set of equipment, which includes selective roadheader, self-propelled carriage, hopper loader, a telescopic belt conveyor. The load on the working face will be up to 400 tons of coal per shift. In order to intensify the cleaning works in the career field one can simultaneously launch multiple excavation sites running.

The proposed technology will reduce the negative impact on the environment. Compared to open-pit mining method the developed variant does not require large land area taken under the career field and piles of rocks. Due to the minimum volumes of overburden works and disposal of rocks, the mined-out space provides preservation of the natural landscape areas, a significant reduction of ground capacity in mining operations and minimal volume of the subsequent land disturbance. In addition, due to involvement of thin layers in the development, which usually cannot be removed in the open method of production, the completeness of extraction of coal from the bowels will increase.

Keywords: Kuznetsk coal basin; coal deposit; steeply inclined seams; coal mining; open way; combined method; environmental management; land disturbance.

С целью снижения негативного воздействия на окружающую природную среду при разработке кругонаклонных угольных пластов авторами предлагается заменить открытый способ добычи угля на комбинированный (открытый-подземный). Технология предназначена для разработки угольных пластов средней мощности (от 2,2 м) и мощных. Вскрытие месторождения осуществляется открытым способом с помощью проведения разрезной наклонной траншеи с рабочей площадки, расположенной в зоне выходов пластов под наносы. Подготовка угольных пластов – путем проведения по породе наклонной выработки, слоевых камер и квершилагов или сбоеек. Разработка осуществляется подземным способом мобильными средствами механизации в выемочных камерах. Вскрытие и подготовка одиночного пласта осуществляются по индивидуальной схеме, свиты пластов – по групповой схеме. Для ведения подготовительных и очистных работ используется один и то же комплект оборудования, в состав которого входят: проходческий комбайн избирательного действия, самоходный вагон, бункер-перегружатель, телескопический ленточный конвейер. Нагрузка на очистной забой составит до 400 т угла в смену. С целью интенсификации очистных работ в карьерном поле могут одновременно работать несколько выемочных участков. Предложенная технология позволит снизить негативное воздействие на окружающую природную среду. По сравнению с открытым способом добычи в разработанном варианте не требуется большой площади земель, отчуждаемых под карьерное поле и отвалы пород. За счет минимальных объемов вскрышных работ и утилизации породы в выработанном пространстве обеспечиваются: сохранение природного ландшафта территории, значительное снижение землеемкости ведения горных работ и минимальные объемы последующей рекультивации нарушенных земель. Кроме того, за счет вовлечения в разработку маломощных пластов, которые обычно при открытом способе добычи не вынимаются, увеличится полнота извлечения угля из недр.

Ключевые слова: Кузнецкий угольный бассейн; угольное месторождение; крутонахиленные пласти; добыча угля; открытый способ; комбинированный способ; рациональное природопользование; нарушение земель.

Открытый способ добычи угля занимает лидирующее место в мире, и его доля продолжает неуклонно расти. Так, например, в 2015 г. в России было добыто 373 млн т, из них 71 % – открытым способом [1]. В США этот показатель составляет более 70 %, в Индии и Австралии – более 80 % [2]. Однако, несмотря на высокую эффективность по сравнению с подземным способом добычи, такое природопользование является нерациональным. Многолетние исследования научных сообществ показали, что открытый способ добычи угля является одним из самых грязных и самых разрушительных процессов, приводящих к деградации земель, уничтожению флоры и фауны, нарушению гидрологического режима поверхностных и подземных вод [3, 4]. При добыче 1 т угля перемещается 2,4 т вскрышных пород, которые складируются на отвалах [5].

Отчуждение земель (землеёмкость) при добыче 1 млн т угля на разрезах Кузбасса достигает 21 га под карьерное поле и 24 га под отвало-

бразование, в среднем нарушается до 50 га поверхности земли [6]. Для сравнения, средняя удельная землеемкость угледобычи в России составляет 6,7 га на 1 млн т [7]. Ситуация усугубляется при разработке кругоно-клонных пластов, которая обычно ведется с использованием углобуничной продольной системы разработки. В основу такой системы закладывается развитие горных работ по падению пластов, а приращение рабочей зоны в плане горных работ является производным от первоначального главного развития горных работ по глубине [8]. Это приводит к необходимости размещения пород вскрыши на внешних отвалах за пределами карьерного поля. При таком порядке отработки карьерного поля 33 % площади нарушенных земель приходится на карьерное поле и 42 % – на внешний отвал. Кроме того, установлено, что землеемкость добычи находится в обратно пропорциональной зависимости от мощности пласта и прямо пропорциональной – от угла падения пласта [7].

Согласно энергетической стратегии, добыча угля в России к 2030 г. должна достигнуть 425–470 млн т. Основной прирост планируется обеспечить за счет открытого способа, в том числе в Кузнецком угольном бассейне, расширение сырьевой базы которого возможно за счет освоения месторождений Терсинского геолого-экономического района [9, 10]. Эти высококачественные угли пригодны как для коксования, так и для производства синтетического жидкого топлива методом деструктивной гидрогенизации и будут востребованы на рынке. Согласно критериям оценки (зольность, содержание флюзинита, показатель отражения витринита, карбонатное число, химический состав золы) степени пригодности углей для гидрогенизации, представляют интерес пласти геологического участка Кушевской-II [11].

Границах участка расположены крутонаклонные (40° – 45°) пласти с индексами 58–80. Пласти 58, 59, 67, 69, 70, 74, 75 мощностью от 2,86 до 5,1 м формально пригодны для разработки открытым способом (рис. 1) [12].

[12]. Предполагаемые размеры карьерного поля: по простиранию – 3,0–3,5 км, вкрест простирания – 0,8–1,2 км. Площадь поля – 3,1 км². Запасы угля по перечисленным пластам до гор. +100 м – 18,7 млн т.

Применение открытого способа разработки по углубочной про-
дольной системе приведет к ряду негативных экологических последствий

- многомиллионные объемы вскрыши (текущий коэффициент вскрыши составит до 22 м³/т), которые необходимо разместить на внешних отвалах;
 - отчуждение земель под внешние отвалы, карьерные выработки и инфраструктуру – до 1200 га;
 - земледельческость добычи составит до 64 га/млн т с учетом отвалообразования;
 - низкий коэффициент извлечения из-за невозможности подготов-

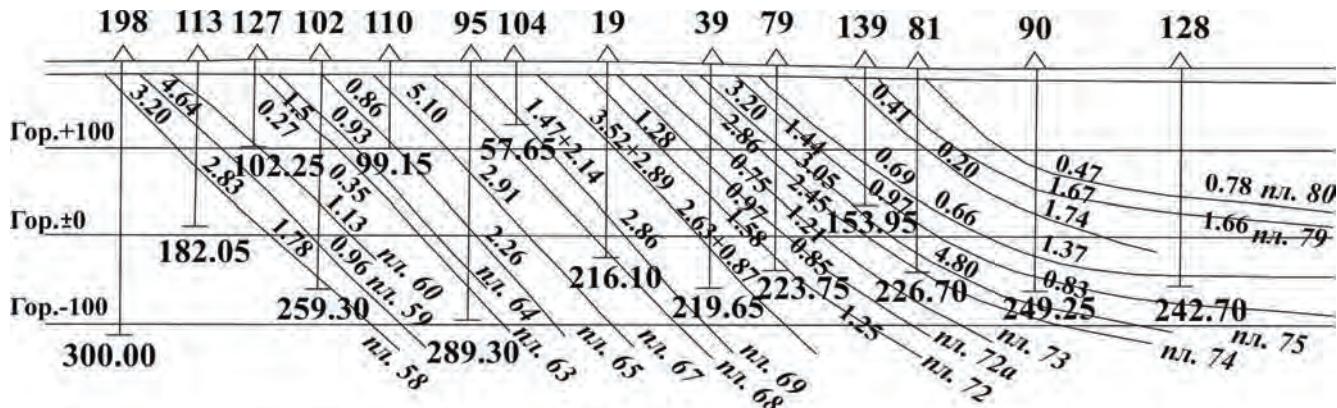


Рисунок 1. Геологический разрез участка Кушеяковский-II по разведочной линии «Кушеяковский профиль» / Figure 1. Geological section of area Kusheyakovskiy-II on the survey line «Kusheyakovskiy profile».

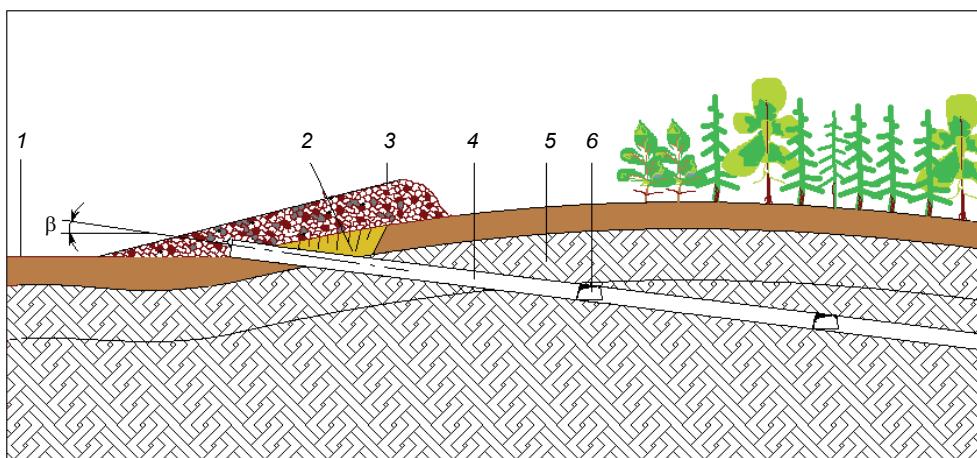


Рисунок 2. Схема вскрытия и подготовки угольного пласта (вертикальный разрез). 1 – рабочая площадка; 2 – наклонная разрезная траншея; 3 – внешний отвал; 4 – наклонная выработка; 5 – зона выветренных горных пород; 6 – горизонтальная слоевая камера I / Figure 2. Scheme of dissection and preparation of coal seam (vertical cross-section).

ки маломощных пластов к выемке и случайного характера попадания угольного пласта в экскаваторную заходку.

Авторами предложены технические решения разработки крутонаклонных угольных пластов средней мощности (от 2,2 м) и мощных комбинированным (открыто-подземным) способом. Метод доступа – проведение с поверхности разрезной наклонной траншеи. Подготовка угольного пласта – путем проведения по породе наклонных выработок и квершлагов. Разработка осуществляется подземным способом мобильными средствами механизации (проходческий комбайн избирательного действия типа ГПКС, самоходный вагон типа В15К) в слоевых выемочных камерах. Вскрытие и подготовка одиночных пластов осуществляются по индивидуальной схеме, свиты пластов – по групповой схеме.

Комбинированная разработка одиночного крутонаклонного угольного пласта [13]

Обоснование параметров технологии выполнено на примере пласта 58. Запасы угля по пласту мощностью 3,2 м и углом падения $\alpha = 45^\circ$ до горизонта +100 м ориентировочно составляют 1,88 млн т.

На границе горного отвода, сбоку от линии выхода пласта под наносы со стороны почвы располагают горизонтальную рабочую площадку, с которой в наносах проводят наклонную разрезную траншею, переходящую в наклонную выработку в породах почвы (рис. 2). Угол их наклона к горизонту β должен быть не больше допустимого для применяемых средств механизации, в данном случае до 10° , а к линии простириания пласта должен быть равен углу γ , который определяется по формуле:

$$\arcsin \gamma = \frac{\operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \alpha}.$$

Наклонная выработка проводится проходческим комбайном по оси разрезной траншеи до уровня ниже на 4–5 м зоны выветренного угля, где сооружают горизонтальную слоевую камеру I в породах почвы пласта (рис. 3). Наклонную выработку крепят металлической рамной крепью с железобетонной затяжкой. Размеры камер принимают исходя из условия расстановки и возможности разминовки оборудования

(комбайн, вагон, бункер-перегружатель). В наклонной выработке монтируют став ленточного телескопического конвейера, допускающий продольный наклон става. В слоевой камере устанавливают бункер-перегружатель.

Из камеры I комбайном проводят криволинейную горизонтальную сбойку с угольным пластом. Разработка пласта осуществляется в горизонтальных выемочных камерах, например, с левого крыла выемочного участка до его границы, при устойчивых породах кровли без крепления; при необходимости – с анкерным креплением. Проветривание выемочной камеры осуществляют при помощи става вентиляционных труб, подвешенного под кровлю выработки и наращиваемого по мере удлинения камеры, и вентилятора местного проветривания. Комбайн грузит отбитый уголь в самоходный вагон, который доставляет его в камеру I и перегружает в бункер-перегружатель (например, БП-15). Далее уголь по телескопическому ленточному конвейеру (типа 1ЛТП-80), установленному в наклонной выработке, выдается на поверхность.

На границе выемочного участка очистные работы в левом крыле останавливают, комбайн и самоходный вагон выводят в слоевую камеру I и снова сооружают криволинейную горизонтальную сбойку, но уже в противоположную сторону для выемки угля в правом крыле. После выемки угля в правом крыле из слоевой камеры I удлиняют наклонную выработку до следующего слоя, где сооружают слоевую камеру II и далее аналогично описанному выше, пока глубина разработки не достигнет горизонта +100 м. При этом отбитую породу размещают в выработанном пространстве выемочной камеры предыдущего слоя. Количество слоев выемочного участка составит 18.

Если принять длину выемочного участка по простирианию пласта 200–250 м, то его ширина в плане составит примерно 100 м. Границы выемочного участка должны быть параллельны оси наклонной выработки γ . Тогда количество выемочных участков при длине карьерного поля по простирианию 3500 м может быть 15–16, они могут отрабатываться как одновременно, так и последовательно.

Исходя из технических характеристик средств механизации и схемы раскройки пласта 58 до горизонта +100 м определены технико-экономи-

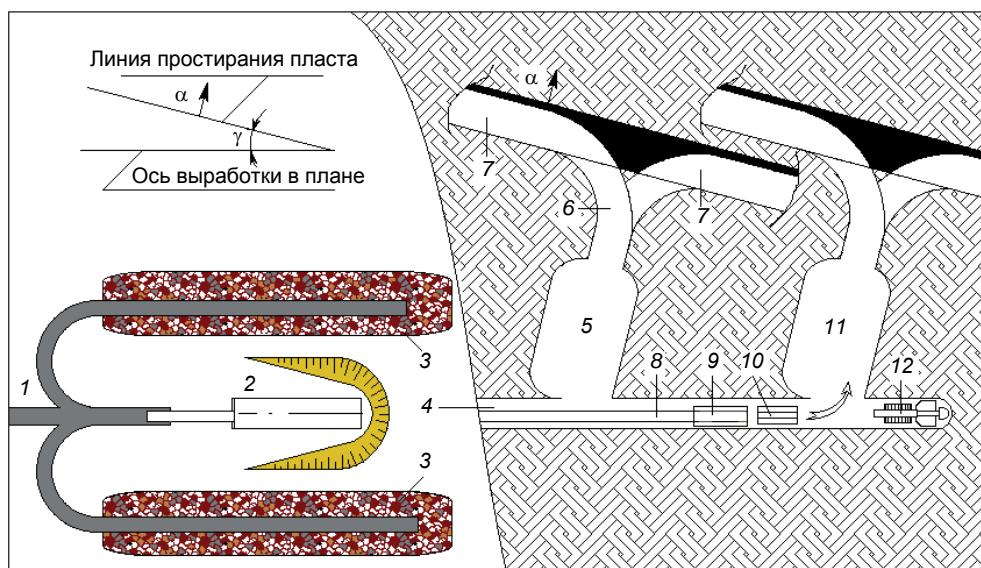


Рисунок 3. Схема вскрытия, подготовки и отработки угольного пласта (вид в плане). 1 – рабочая площадка; 2 – наклонная разрезная траншея; 3 – внешний отвал; 4 – наклонная выработка; 5 – слоевая камера I; 6 – криволинейная горизонтальная сбояка; 7 – выемочная камера; 8 – ленточный телескопический конвейер; 9 – бункер-перегружатель; 10 – самоходный вагон; 11 – слоевая камера II; 12 – комбайн избирательного действия / **Figure 3. Scheme of opening, preparation and mining of the coal seam (a plan view).**

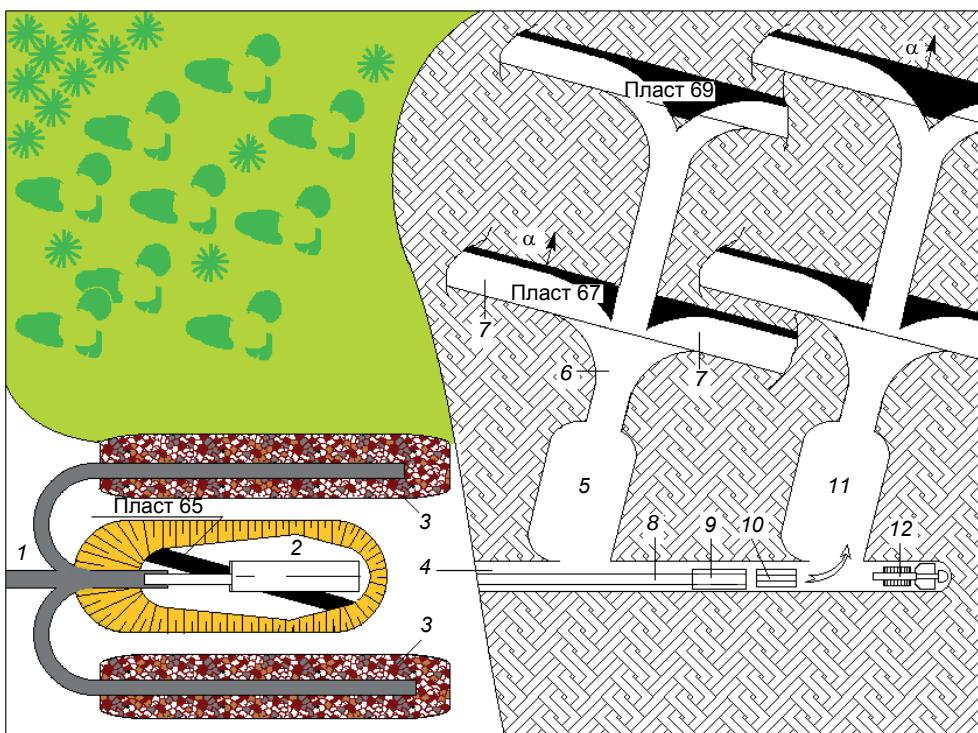


Рисунок 4. Схема вскрытия, подготовки и отработки свиты угольных пластов (вид в плане). 1 – рабочая площадка; 2 – разрезная траншея; 3 – внешний отвал; 4 – наклонная выработка; 5 – слоевая камера I; 6 – квершлаг; 7 – выемочная камера; 8 – ленточный телескопический конвейер; 9 – бункер-перегружатель; 10 – самоходный вагон; 11 – слоевая камера II; 12 – комбайн избирательного действия / **Figure 4. Scheme of opening, preparation and mining a formation of coal seams (plan view).**

мические показатели очистных работ одного выемочного участка:

- время отработки – 132 рабочих дня;
- нагрузка на очистной забой – 392 т/см;
- производительность труда рабочего по добыче – 98 т/см;
- добыча угля по пласту 58 с учетом эксплуатационных потерь 10 %, в том числе потери угля в заездах комбайна в пласт и краевых зонах участков – 1,2 млн т.

Комбинированная разработка свиты крутонаклонных угольных пластов [14]

Обоснование параметров технологии выполнено на примере пластов с индексами 67 и 69 мощностью 5,1 и 3,6 м соответственно и запасами 4,8 млн т угля в границах участка. В породах почвы пласта 67 на расстоянии до 50 м залегает пласт 65 мощностью 0,86 м, который может быть использован для вскрытия и подготовки пластов 67 и 69.

В отличие от предыдущей технологии горизонтальная рабочая площадка сооружается на уровне выхода угольного пласта 65 под наносы, а прямолинейная наклонная выработка проводится по этому пласту под углом β в сторону одной из границ участка по простирию с присечкой пород кровли и почвы (рис. 4). Горизонтальная слоевая камера I сооружается в породах кровли пласта 65. Из слоевой камеры комбайном проводят квершлаг в сторону пласта 69, который плавным закруглением в сторону направления проведения наклонной выработки внедряют в этот пласт, образуя выемочную камеру первого слоя. После окончания очистных работ на границе участка комбайн возвращают в квершлаг, из которого плавным закруглением опять внедряют его в этот же пласт, но в другую сторону и продолжают очистные работы. После отработки выемочной камеры по пласту 69 аналогичным образом ведут очистные работы по пласту 67.

По окончании очистных работ по пласту 67 комбайн осуществляет удлинение наклонной выработки до уровня следующего слоя, который принимают с учетом мощности вынимаемого слоя и оставления соразмерных междукамерных целиков. Затем сооружают на этом уровне сплошную камеру II и далее, как описано выше. При подготовке следующего слоя вынутую породу размещают в выемочных камерах отработанного слоя.

По окончании выемки угля на возможную длину в выемочных камерах обоих пластов средства механизации выводят на дневную поверхность, где с этой же рабочей площадки начинают проведение следующей наклонной выработки, но в сторону противоположной границы по простирианию.

Если принять длину выемочного участка по простирианию пласта 500 м, то в карьерном поле можно разместить 7–8 выемочных участков, которые могут отрабатываться как одновременно, так и последовательно. Нагрузка на очистной забой составит до 400 т в смену.

Предложенная комбинированная технология разработки крутонаклонных угольных пластов позволит снизить негативное воздействие на окружающую природную среду. По сравнению с открытым способом добычи в разработанном варианте не требуется большой площади земель, отчуждаемых под карьерное поле и отвалы пород. За счет минимальных объемов вскрышных работ и утилизации породы в выработанном пространстве обеспечиваются сохранение природного ландшафта территории, значительное снижение землеёмкости ведения горных работ и минимальные объемы последующей рекультивации нарушенных земель. Кроме того, за счет вовлечения в разработку маломощных пластов, которые обычно при открытом способе добычи не вынимаются, увеличится полнота извлечения угля из недр.

ЛИТЕРАТУРА

1. Novak A. *Mineenergo: ob'em dobychi uгля v RF v 2015 godu vyros na 4,1 %*. URL: <http://pronedra.ru/coal/2015/12/23/dobycha-uglya-205-god/>
2. Sloss L. Coal mine site reclamation CCC/216. Published online by the IEA Clean Coal Centre, February 2013. Available at: bookshop.iea-coal.org.uk
3. Dedikova N. Opencast coal mining in Wales: Development of the industry in terms of social and environmental impacts. Placement organization: Friends of the Earth Cymru. 2014. 11/28. 38 p.
4. Foe Scotland & RSPB Scotland. (2013) Opencast coal mining. Liability for restoration works. Parliamentary Briefing. URL: http://www.rspb.org.uk/Images/opencast-coal-mining_tcm9-353523.pdf
5. Soil Atlas 2015. Facts and figures about earth, land and fields. Managing editor: Dietmar Bartz. IASS Potsdam. URL: http://globalsoilweek.org/wp-content/uploads/2014/12/soilatlas2015_web_141221.pdf
6. Белозерцева И. А., Гранина Н. И. Воздействие разведки, добычи и переработки полезных ископаемых на почвы Сибири // Фундаментальные исследования. 2015. № 10. Ч. 2. С. 238–242.
7. Коваленко В. С., Артемьев В. Б., Опанасенко П. И. Землесберегающие и землевспроизводящие технологии на угольных разрезах. М.: Издательство «Горное дело» ООО «Киммерийский центр», 2013. Т. 8, кн. 2. 2014. 439 с.
8. Селюков А. В. Технологические конструкции режимов внутреннего отвaloобразования при разработке наклонных и крутонаклонных залежей. URL: www.niais.kemsu.ru/conf/GetDocsFile?id=60091&table=papers_file
9. Станкус В. М., Анферов Б. А., Кузнецова Л. В. Состояние и перспективы освоения Терсинского геологического района Кузбасса // Уголь. 2006. № 11. С. 37–40.
10. Клишин В. И., Ордин А. А., Ческидов В. И., Федорин В. А. Основные концепции оценки предельных объемов добычи угля открытым и подземным способами в Кузбассе // ГИАБ. 2009. № 7. С. 47–52.
11. Угольная база России. Угольные бассейны и месторождения Западной Сибири (Кузнецкий, Горловский, Западно-Сибирский бассейны; месторождения Алтайского края и Республики Алтай). М.: ЗАО «Геоинформцентр», 2003. Т. II. 604 с.
12. Анферов Б. А., Кузнецова Л. В., Борисов И. Л. Открыто-подземная разработка нетехнологичных запасов угля Терсинского геологического района Кузбасса // Вестник КузГТУ. 2014. № 5. С. 44–49.
13. Пат. 2555997 Российская Федерация, МПК Е 21 С 41/00. Способ открыто-подземной разработки мощного одиночного крутонаклонного угольного пласта / Анферов Б. А., Кузнецова Л. В.; заявл. 24.06.14; опубл. 10.07.15, Бюл. № 19.
14. Пат. 2563895 Российской Федерации, МПК Е 21 С 41/00, Е 21 С 41/18. Способ открыто-подземной разработки свиты крутонаклонных угольных пластов / Анферов Б. А., Кузнецова Л. В.; заявл. 06.10.14; опубл. 27.09.15, Бюл. № 27.

REFERENCES

1. Novak A. *Mineenergo: ob'em dobychi uгля v RF v 2015 godu vyros na 4,1 %* [Coal production in Russia grew by 4.1 % in 2015]. Available at: <http://pronedra.ru/coal/2015/12/23/dobycha-uglya-205-god/>
2. Sloss L. 2013, Coal mine site reclamation. IEA Clean Coal Centre, 70 p.
3. Dedikova N. 2014, Opencast coal mining in Wales: Development of the industry in terms of social and environmental impacts. Placement organization: Friends of the Earth Cymru, 38 p.
4. 2013, Opencast coal mining. Liability for restoration works. Parliamentary Briefing. Available at: http://www.rspb.org.uk/Images/opencast-coal-mining_tcm9-353523.pdf
5. 2015, Facts and figures about Earth, land and fields. Managing editor: Dietmar Bartz. IASS Potsdam. Available at: http://globalsoilweek.org/wp-content/uploads/2014/12/soilatlas2015_web_141221.pdf
6. Belozertseva I. A., Grannina N. I. 2015, *Vozdeystvie razvedki, dobychi i pererabotki poleznykh iskopayemykh na pochvy Sibiri* [The impact of exploration, extraction and processing of minerals on the soil of Siberia]. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental research], no. 10/2, pp. 238–242.
7. Kovalenko V. S., Artem'ev V. B., Opanasenko P. I. 2014, *Zemlesberegayushchie i zemlevsporizvodyashchie tekhnologii na ugol'nykh razrezakh* [Earth-saving and earth-reproducing technologies at coal mines], Moscow, vol. 8, book 2.
8. Selyukov A. V. *Tekhnologicheskie konstruktsii rezhimov vnutrennego otvaloobrazovaniya pri razrabotke naklonnykh i krutonaklonnykh zalezhey* [Technological construction of internal dumping modes in the development of inclined and steeply inclined deposits]. Available at: www.niais.kemsu.ru/conf/GetDocsFile?id=60091&table=papers_file
9. Stankus V. M., Anferov B. A., Kuznetsova L. V. 2006, *Sostoyanie i perspektivy osvoeniya Tersinskogo geologo-ekonomicheskogo rayona Kuzbassa* [State and prospects of development of Tersinskij geological and economic region of Kuzbass]. *Ugol' [Coal]*, no. 11, pp. 37–40.
10. Klishin V. I., Ordin A. A., Cheskidov V. I., Fedorin V. A. 2009, *Osnovnye kontseptsii otsenki predeley uglev ob'yemov dobychi uglya otkrytym i podzemnym sposobami v Kuzbasse* [Basic concepts of estimates of marginal coal production by open pit and underground methods in Kuzbass]. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'* [Mining informational and analytical bulletin], no. 7, pp. 47–52.
11. 2003, *Ugol'naya baza Rossii. Ugol'nye basseyny i mestorozhdeniya Zapadnoy Sibiri* (Kuznetskiy, Gorlovskiy, Zapadno-Sibirskiy basseyny; mestorozhdeniya Altayskogo kraya i Respubliki Altay) [Russian Coal base. The coal basins and deposits of Western Siberia (Kuznetsk, Gorlovka, the West Siberian basin, deposits of Altai Krai and Altai Republic)]. Moscow, vol. 2, 604 p.
12. Anferov B. A., Kuznetsova L. V., Borisov I. L. 2014, *Otkryto-podzemnaya razrabotka netekhnologichnykh zapasov uгля Tersinskogo geologo-ekonomicheskogo rayona Kuzbassa* [Open-underground development of non-technological coal reserves of Tersinskij geological and economic region of Kuzbass]. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Vestnik of Kuzbass State Technical University], no. 5, pp. 44–49.
13. Anferov B. A., Kuznetsova L. V. *Sposob otkryto-podzemnoy razrabotki moshchnogo odinochnogo krutonaklonnogo ugol'nogo plasta* [The process of open-underground development of potent single steeply inclined coal seam]. Patent RF, no. 2555997, 2015..
14. Anferov B. A., Kuznetsova L. V. *Sposob otkryto-podzemnoy razrabotki svity krutonaklonnykh ugol'nykh plastov* [The process of open-underground development of a formation of steeply inclined coal seams]. Patent RF, no. 2563895, 2015.

Борис Алексеевич Анферов,
b.anferov@icc.kemsc.ru

Людмила Васильевна Кузнецова,
lvk@icc.kemsc.ru

Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН
Россия, Кемерово, пр-т Советский 18

Boris Alekseevich Anferov,
b.anferov@icc.kemsc.ru
Lyudmila Vasilevna Kuznetsova,
lvk@icc.kemsc.ru
SB RAS Kemerovo Science Center
Kemerovo, Russia

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 504.064.2.001.18:502.45

DOI 10.21440/2307-2091-2016-3-95-104

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ ООПТ, РЕАЛИЗУЮЩИХ ПРИРОДООХРАННЫЕ ФУНКЦИИ

А. А. Литвинова, М. Н. Игнатьева, Л. М. Морозова, М. С. Кубарев

Статья посвящена экономической оценке природоохраных функций особо охраняемых природных территорий (ООПТ), являющихся частью общей ценности потока услуг, предоставляемых ими. Целью проведения настоящего исследования является совершенствование методического инструментария экономической оценки ООПТ, реализующих природоохраные функции, на базе анализа методических подходов к экономической оценке земель ООПТ, рассмотрения основных функций и услуг ООПТ, выявления специфики предоставления потока экосистемных услуг в рамках функциональных зон ООПТ. Анализируется методический подход, получившей отражение в Технико-экономическом обосновании методики государственной кадастровой оценки земель заповедников и Временной методике государственной кадастровой оценки земель особо охраняемых территорий и объектов; раскрываются положительные и отрицательные аспекты каждой из них. Доказывается целесообразность использования для экономической оценки природоохраных функций ООПТ смешанного методического подхода, сочетающего в себе прямой метод оценки (альтернативная стоимость) и косвенный (введение поправочных коэффициентов, отражающих качественные характеристики ООПТ). Предлагаются авторские методические рекомендации, в которых даны предложения по определению удельного годового норматива средней ценности земель ООПТ и введение дополнительных коэффициентов: коэффициента уникальности биоразнообразия на региональном уровне, коэффициента природоохранной ценности функциональной зоны ООПТ и коэффициента природоохранной значимости ООПТ. Методические рекомендации апробированы для условий горной части Ханты-Мансийского автономного округа – Югры в границах Березовского района.

Ключевые слова: экономическая оценка; ООПТ; природоохраные функции и услуги; поправочные коэффициенты.

Введение

Для современного этапа развития российской системы ООПТ характерен постепенный переход от модели, предлагающей рассмотрение особо охраняемых территорий в качестве «изолированных от внешнего мира островков экологического благополучия» [1] к интеграционной, рассматривающей ООПТ с позиции их интеграции в социально-экономическое развитие регионов страны и обеспечения потоков экосистемных услуг за пределами их границ. Практика организации и управления ООПТ при интеграционном подходе требует существенных изменений в информационном обеспечении в аспекте интеграции природно-ресурсного и экологического потенциалов в региональную экономику. В первую очередь это связано с необходимостью экономической оценки природных ресурсов и особенно экосистемных услуг (экологических ресурсов), предоставляемых ООПТ различным пользователям.

Результаты и обсуждение

Из анализа экосистемных функций, выполняемых ООПТ, согласно задачам, стоящим перед исследователями, основную роль играют природоохранные. В работе [2] в составе этих функций выделяют:

- *эталонную*, проявляющуюся в сохранении на ООПТ ненарушенных и малонарушенных природных комплексов с присущими им внутренним биологическим разнообразием;

- *рефугиумную*, заключающуюся в сохранении редких и исчезающих таксонов, сообществ и экосистем;

- *резерватную*, определяющую роль ООПТ в качестве территории воспроизведения таксонов растений и животных, имеющих хозяйственную ценность, а также сохранения крупных скоплений животных;

- *монументальную*, определяемую наличием на ООПТ особо примечательных объектов;

- *эколого-стабилизирующую*, заключающуюся в предоставлении природными комплексами ООПТ различного рода экосистемных услуг (экоуслуг), значимых для окружающих ее и (или) для более удаленных территорий.

Поток средообразующих услуг, формируемый при реализации природоохранных функций ООПТ, включает в себя:

- услуги по сохранению биологического разнообразия (реализация эталонной, рефугиумной, «монументальной» и резерватной функций);

- регулирующие (климаторегулирующая, стабилизация состава атмосферы, водорегулирующая, регулирование криогенных процессов, асимиляционная и др.) и защитные (противоэрзационная, почвозащитная, берего- и склонозащитная, теплоизоляционная и др.) эколого-стабилизирующие экосистемные услуги (реализация эколого-стабилизирующей функции).

Разные типы ООПТ выполняют и разные природоохранные функции в зависимости от задач, стоящих перед ними [3]. В табл. 1 представлены данные экспертной оценки природоохранных функций и экоуслуг, предоставляемых заповедниками, национальными (природными) парками, заказниками, памятниками природы. В силу приоритетности выполнения ООПТ природоохранных функций наряду с предоставлением рекреационных, ресурсных и информационных услуг экономической оценке в первую очередь подлежат экоуслуги, предоставляемые ООПТ в рамках реализации природоохранных функций.

Анализ методических материалов по экономической оценке ООПТ показывает, что при их оценке в настоящее время используются два методических подхода [4]: прямой метод экономической оценки, когда оценка подлежит каждый вид предоставляемых благ и услуг [1, 5, 6], и смешанный метод (комбинированный), когда прямая стоимостная оценка дополняется поправочными коэффициентами, отражающими качественные характеристики оцениваемых объектов [7, 8]. В первых рекомендациях по экономической оценке земель заповедного назначения, относящихся к началу XXI в., предметом оценки, как и в последующих методических рекомендациях, выступают средообразующие услуги, формируемые при реализации природоохранных функций ООПТ. В 2002 г. в материалах к итогам проекта ГЭФ «Сохранение биоразнообразия в Российской Федерации» во исполнение требований Конвенции о биологическом разнообразии [9] и задач, связанных с необходимостью оптимизации сети национальных парков и заповедников [10], было опубликовано технико-экономическое обоснование (ТЭО) методики государственной кадастровой оценки земель заповедников [7].

Методический подход [7] ориентирован на учет альтернативной стоимости, в качестве которой выступает величина валовой продукции, получаемой при хозяйственном использовании земель, и от которой общество отказывается, предпочтя охрану природных экосистем и изъятие земель для заповедования. На первом этапе определяется норматив средней ценности земель под естественными экосистемами, который в данном случае рассматривается как средний уровень кадастровой стоимости единицы площади земель заповедников в целом по РФ. Далее, исходя из данных зонирования территории по основным типам экосистем, в расчет вводят поправочные коэффициенты:

- *коэффициент ценности экосистем* $K_{\text{ц}}$, характеризующий выполнение экосистемами ООПТ биосферных функций;

- *коэффициент уникальности биоразнообразия* $K_{\text{у}}$, отражающий уникальность биоты ООПТ.

Несколько позже появилась «Временная методика государственной кадастровой оценки земель особо охраняемых территорий и объектов» (2004) [8], которая регламентирует порядок определения кадастровой стоимости земель в составе земель особо охраняемых территорий (ООТ) и объектов, установленных ст. 94–100 Земельного кодекса РФ. В июне 2015 г. Министерством экономического развития и торговли приказом № 138 были утверждены методические рекомендации по государственной кадастровой оценке земель особо охраняемых территорий и объектов. Фактически порядок расчета в методике [8] остается неизменным: удельный показатель кадастровой стоимости земель ООПТ корректируется с помощью поправочных коэффициентов и умножается на площадь

Таблица 1. Природоохранные функции и средообразующие услуги ООПТ.

Наименование услуг	Тип ООПТ						
	Заповедник		Национальный парк, природный парк				
	заповедная зона	участки хозяйственного назначения	заповедная зона	особо охраняемая зона	рекреационная зона	зона хозяйственного назначения	Заказник
Средообразующие услуги							
1. Охрана биоразнообразия:	++		++	++	+		
этапонная							++
рефугиумная							++
резерватная							++
«монументальная»							++
2. Эколого-стабилизирующие услуги:	++	+	++	++	++	+	++
Регулирующие							+
климаторегулирующая							
водорегулирующая							
стабилизация состава атмосферы и др.							
Защитные							
почвозащитная							
теплоизоляционная							
противоэрозионная и др.							

Примечание: ++ – высокая значимость; + – средняя значимость.

ООПТ. В числе поправочных коэффициентов так же, как и в методике [7], выступают коэффициент ценности экосистемы для преобладающего типа экосистемы земель ООПТ и коэффициент уникальности биоразнообразия для того типа экосистемы, который преобладает на землях ООПТ. Для особо охраняемых территорий (OOT) первой группы, в том числе для ООПТ, удельный показатель кадастровой стоимости земель соответствует кадастровой стоимости i -го вида земель (например, лесные земли, сельскохозяйственные угодья и др.), занимающих наибольший удельный вес в структуре указанных земель.

Каждая из методик имеет свои недостатки и преимущества. Так, если первая из них [7] касается земель заповедников, то вторая [8] охватывает весь перечень особо охраняемых территорий. В то же время заповедники относятся к ОOT первой группы, расчет кадастровой стоимости земель которых однотипен, т. е. методические рекомендации [7] также могут быть использованы в отношении всех ООПТ, относящихся к первой группе ОOT. Во-вторых, в методике [8] удельный показатель кадастровой стоимости исчисляется исходя из рентного подхода к экономической оценке земель, в силу чего данная методика, как указывалось ранее, «принимается для государственной кадастровой оценки земель особо охраняемых территорий и объектов в целях налогообложения и не применяется для учета ценности особо охраняемой природной территории в составе национального богатства, для исчисления исков за нанесенный ущерб и компенсационных платежей» [11]. В свою очередь, в методике [7] при экономической оценке земель использован подход альтернативной стоимости, который отражает величину внутреннего продукта, производимого единицей площади региона (доход, определяемый исходя из хозяйственной продуктивности территории), что позволяет авторам рекомендовать ее использование для решения более широкого круга задач, чем налогообложение [7]. Кроме того, использование подхода альтернативной стоимости делает возможным формирование поправочных коэффициентов не только для типов экосистем, но и для субъектов Федерации.

В-третьих, поправочные коэффициенты ценности экосистем и уникальности биоразнообразия, используемые в методиках, получают достаточно полное пояснение своего расчета в методике [7], в то время как во Временной методике [8] они приводятся без каких либо разъяснений. При этом коэффициенты уникальности биоразнообразия соответствуют подобным в методике [7], а коэффициенты ценности экосистем увеличены в 7,14–7,15 раза. Логика подобного введения поправочных коэффициентов является непонятной.

Предлагаемые авторами методические рекомендации по экономической оценке ООПТ, реализующих природоохранные функции, предполагают использование ряда методических приемов, имеющих место в рассматриваемых методиках [7, 8]. Авторы считают целесообразным

использовать методические положения, изложенные в [7], в отношении определения норматива средней ценности единицы площади земель заповедников для Российской Федерации в целом, дифференциация которого выполняется с помощью поправочных коэффициентов. Определение норматива средней ценности земель заповедников было осуществлено авторами [7] на основе статистически установленной закономерности, связывающей снижение хозяйственной продуктивности территории с увеличением площади, которую общество согласно изъять из хозяйственного оборота для создания заповедника. Средняя величина внутреннего продукта, который производится на единице площади региона, воспринимается в рамках данного подхода как «альтернативная стоимость» общественных полезностей, создаваемых экосистемами на землях заповедника.

Величина норматива средней ценности земель заповедников $C_{\text{зд}}$ на 2000 г. определена в работе [7] в размере 26 980 руб./год при коэффициенте капитализации, равном 0,012. Тогда годовой норматив средней ценности земель заповедников на уровне 2000 г. $C_{\text{зд}(2000)}$ составит 323,76 руб./га, а с учетом поправочного коэффициента на изменение ВВП страны $K_{\text{ВВП}}$, равного 10,05, на уровне 2014 г. составит, руб/га:

$$C_{\text{зд}(2014)} = C_{\text{зд}(2000)} K_{\text{ВВП}} = 323,76 \frac{2014}{2000} = 323,76 \cdot 10,05 = 3253,78.$$

В числе поправочных коэффициентов помимо коэффициента ценности экосистем K_y , а также коэффициента уникальности биоразнообразия K_u , величина которых приведена в приложениях 1–5 [7], рекомендуется учитывать ряд дополнительных поправочных коэффициентов:

- коэффициент природоохранной ценности i -й функциональной зоны ООПТ $K_{\phi i}$, отражающий разнозначимость выполнения природоохранных функций в рамках i -й функциональной зоны ООПТ;
- коэффициент уникальности биоразнообразия территории ООПТ на региональном уровне K_{vp} , вычисляемый по доле редких видов растений и животных, занесенных в Красную книгу региона;
- коэффициент природоохранной значимости ООПТ K_{n_3} , отражающий масштаб редкости экосистем, учитывающий уровень, которому соответствует оцениваемая ООПТ.

В общем виде рекомендуемая расчетная формула экономической оценки ООПТ, реализующих природоохранные функции, будет иметь вид, руб./год:

$$O_{\text{ООПТ}} = \left[C_{\text{зд}} K_u K_y K_{vp} K_{n_3} \left(\sum_{i=1}^m D_i \cdot K_{\phi i} \right) \right] S_{\text{ООПТ}}, \quad (1)$$

где $O_{\text{оопт}}$ – годовая экономическая оценка ООПТ, руб./год; C_{yj} – годовой норматив средней ценности земель ООПТ на момент проведения оценки с учетом поправочного коэффициента $K_{\text{ввп}}$ на изменение ВВП страны, руб./га; Δ_i – доля i -й функциональной зоны в общей площади ООПТ, доли ед.; i – функциональная зона ($i = 1, \dots, m$); $S_{\text{оопт}}$ – общая площадь ООПТ, га.

При экономической оценке конкретной ООПТ, в границах которой могут быть представлены несколько типов экосистем, необходим расчет усредненного значения коэффициента ценности экосистем, учитывающего долю площади каждого типа экосистемы в общей площади природного комплекса ООПТ, с учетом значений поправочных коэффициентов [7]:

$$K_{\text{ц}} = \sum_{j=1}^N K_{yj} \Delta_j,$$

Заповедная зона	15 % от площади ООПТ
Особо охраняемая зона	35 % от площади ООПТ
Зона традиционного природопользования (родовые угодья)	15 % от площади ООПТ
Рекреационная зона	30 % от площади ООПТ (её основные объекты сервиса расположены в охранной зоне, либо сосредоточены в ближайших населенных пунктах)
Зона хозяйственного назначения	5 % от площади ООПТ

В табл. 2 приведены предлагаемые поправочные коэффициенты природоохранной ценности функциональных зон.

Рекомендуемые коэффициенты природоохранной значимости ООПТ, отражающие масштаб редкости экосистем, учитывающие уровень, которому соответствует оцениваемая ООПТ, приведены в табл. 3.

Коэффициент уникальности биоразнообразия на региональном уровне устанавливается на базе информации о наиболее уязвимой части видового разнообразия, занесенного в Красную книгу региона.

Предложенные в настоящей работе методические рекомендации были апробированы для условий горной части Ханты-Мансийского автономного округа – Югры в границах Березовского района. Объектом оценки является горная часть округа, представленная Северным (970 тыс. га) и Приполярным Уралом (2230 тыс. га) с прилегающими предгорными районами. Для обоснования величины коэффициентов ценности экосистем $K_{\text{ц}}$ был выполнен анализ типов растительных комплексов на территории объекта оценки – восточного макросклона Северного и При-

поллярного Урала в границах Березовского района ХМАО – Югры с прилегающими предгорными районами. На горных склонах оцениваемой территории выделяются следующие высотные пояса растительности: горно-лесной, подгольцовский, горно-тундровый, пояс холодных гольцовых пустынь [12]. Структуру растительного покрова объекта оценки характеризует геоботаническая карта М 1 : 2 500 000, составленная К. Н. Игошиной [13], на которой показаны 11 типов растительных комплексов (с сохранением номеров оригинальной легенды):

- 3 – ерниковые тундры, плоскобугристые болота, ивняки;
- 4 – гольцы (горно-тундровый пояс и пояс холодных гольцовых пустынь) по [12];
- 5 – лиственничные леса и редколесья, перемежаемые ельниками;
- 6 – березово-еловые редкостойные леса;
- 7 – вторичные леса на месте темнохвойных лесов (по гарям);
- 8 – березово-еловые леса северной тайги;
- 14 – сосновые леса северной тайги;
- 16 – вторичные леса на месте сосновых лесов (по гарям);
- 19 – леса с преобладанием или заметной примесью кедра;
- 20 – березовые леса производные;
- 20р – березовые первичные горные редколесья;
- 24 – болота.

Растительные комплексы, показанные на карте К. Н. Игошиной, были разделены на 4 группы, соответствующие типам экосистем, представленных в Приложениях 4 [7] и 5 [1] (табл. 4).

В табл. 5 выполнен расчет коэффициентов ценности экосистем для условий Северного и Приполярного Урала с учетом наличия типов экосистем и площади их распространения.

Таким образом, вычисленные коэффициенты ценности экосистем (табл. 5) определены как средневзвешенные по типам экосистем: для Северного Урала $K_{\text{ц}} = 1,0974$, для Приполярного Урала $K_{\text{ц}} = 1,081$. Полученные коэффициенты были скорректированы на основе экспертизы оценок, учитывающих вклад каждого типа экосистем в выполнение ими приоритетных для данной территории эколого-стабилизационных услуг.

В результате расчетов были приняты следующие значения коэффициентов: для Северного Урала $K_{\text{ц}} = 1,17$, для Приполярного Урала $K_{\text{ц}} = 1,12$.

Величина коэффициента уникальности биоразнообразия K_y определялась путем прямых расчетов при обращении к Красной книге РФ (табл. 6) [14].

Коэффициент K_{yj} , отражающий уникальность и специфичность видового разнообразия на региональном уровне, был установлен на основе анализа региональной Красной книги ХМАО – Югры [15]. В этом документе сосредоточена информация о наиболее уязвимой части видового разнообразия округа, нуждающейся в охране. Результаты расчетов коэффициента уникальности регионального уровня представлены в табл. 7.

Таким образом, коэффициент уникальности видового разнообразия на региональном уровне существенно выше такого коэффициента на федеральном уровне: для Северного Урала он составляет 1,57, для Приполярного Урала – 1,67. Введение этих коэффициентов в формулу расчета удельной экономической оценки перспективных для создания ООПТ земель повышает их ценность.

Таблица 2. Функциональные зоны и коэффициент природоохранной ценности.

Тип ООПТ и виды зон	Значение $K_{\text{фz}}$
Заповедники:	
национальные природные парки, природные парки	1,0
заповедная, особо охраняемая зона	1,0
зона традиционного природопользования	0,9
рекреационная зона (зона регулируемого рекреационного посещения)	0,8
зона хозяйственного назначения	0,5
Заказники:	
комплексные (ландшафтные) с изъятием земли	1,0
комплексные (ландшафтные) без изъятия земли	0,8
остальные (кроме комплексных) с изъятием земли	0,9
остальные (кроме комплексных) без изъятия земли	0,7
Памятники природы	1,0

Таблица 3. Коэффициенты природоохранной значимости ООПТ.

Значимость ООПТ	Значение коэффициента $K_{n,z}$
Мировое природное наследие (в списках ООПТ международного значения)	2,00
Национальное достояние РФ (федеральные ООПТ)	1,50
Достояние ряда регионов РФ	1,25
Достояние региона РФ (региональные ООПТ)	1,00

Таблица 4. Типы экосистем.

Типы экосистем по Приложениям 4 [7] и 5 [1]		Номер легенды геоботанической карты (Игошина, 1963)	Высотные пояса
Тип экосистем	Характеристика экосистем		
1а. Полярные пустыни	Каменистые, лишайниковые и мохово-лишайниковые с фрагментами водорослевой корки	4. Гольцы	Пояс холодных гольцовых пустынь и горно-тундровый пояс
16б. Полярноуральское тундролесье	Горно-тундровое редколесье	3. Ерниковые тундры, плоскобугристые болота, ивняки 20р. Березовые первичные горные редколесья	Горно-тундровый и подгольцовый пояса
17а. Северный Урал	Горно-таежные елово-пихтовые и кедрово-пихтовые леса и редколесья	5. Лиственничные леса и редколесья, перемежаемые ельниками 6. Березово-еловые редкостойные леса 7. Вторичные леса на месте темнохвойных 8. Березово-еловые леса северной тайги 16. Вторичные леса на месте сосновых лесов 19. Леса с преобладанием кедра 20. Березовые леса производные	Подгольцовый и горно-лесной пояса
6в. Северная тайга	Лиственничные, лиственнично-сосновые, лиственнично-еловые с участием кедра моховые леса и буристые болота	14. Сосновые леса северной тайги	Предгорные территории

Примечание: в связи с не совсем удачной разработкой Приложений 4 [7] и 5 [1] деление растительности горных поясов Приполярного Урала осуществить практически невозможно, так как Приполярный Урал просто отсутствует в указанных Приложениях: с Полярноуральским «тундролесьем» (16б) в приложении 5 [1] (картосхема) граничит Северный Урал (17а). Нет подходящих типов экосистем и в Приложении 4 [7]. Характеристика растительности пояса холодных гольцовых пустынь в указанных приложениях не представлена, поэтому использована оценка равнинных полярных пустынь.

Таблица 5. Расчет коэффициента ценности экосистем.

Типы экосистем по Приложениям 4 [7] и 5 [1]	Номер легенды геоботанической карты (Игошина, 1963)	K_u (Приложение 4 [7])	Доля типа экосистем от общей площади	K_u экосистем с учетом относительной площади
<i>Северный Урал</i>				
1а	4	0,43	0,07	0,0301
16б	3, 20р, 24	0,89	0,07	0,0623
17а	5, 6, 7, 8, 16, 19, 20	1,25	0,61	0,7625
6в	14	0,97	0,25	0,2425
<i>Итого</i>			1	1,0974
<i>Приполярный Урал</i>				
1а	4	0,43	0,15	0,0645
16б	3, 20р, 24	0,89	0,05	0,0445
17а	5, 6, 7, 8, 16, 19, 20	1,25	0,70	0,8750
6в	14	0,97	0,10	0,0970
<i>Итого</i>			1	1,0810

Таблица 6. Коэффициенты уникальности видового разнообразия территории Северного и Приполярного Урала на федеральном уровне.

Объекты охраны	Северный Урал			Приполярный Урал		
	Всего видов	Число видов в Красной книге РФ	Доля видов	Всего видов	Число видов в Красной книге РФ	Доля видов
Млекопитающие	46	0	0	37	0	0
Птицы	176	4	0,023	146	4	0,027
Рыбы и миноги	25	1	0,040	25	1	0,040
Растения	600	3	0,005	500	2	0,004
K_y		1 + 0,07			1 + 0,07	

Величина коэффициента природоохранной значимости $K_{\text{п.з}}$ на данном этапе расчета принята равной единице, а годовой норматив средней ценности земель $C_{\text{зд}}$ на уровне 2014 г. – 3253,78 руб./га. Тогда при условии организации в перспективе в пределах оцениваемой территории природных парков регионального значения с соответствующей для них средней структурой функциональных зон с учетом формулы (1) удельная экономическая оценка ООПТ составит:

- для Северного Урала 5755,72 руб./га;
- для Приполярного Урала 5860,70 руб./га.

Выводы

Рассматривается методический подход, сочетающий в себе прямой метод оценки (альтернативная стоимость) и косвенный (введение поправочных коэффициентов, отражающих качественные характеристики ООПТ) в качестве наиболее приемлемого для экономической оценки ООПТ, реализующих природоохранные функции.

Уникальность и специфичность местной флоры и фауны, степень интенсивности потока природоохранных услуг в функциональных зонах ООПТ, а также природоохранную значимость ООПТ представляется учитывать с помощью дополнительных поправочных коэффициентов.

Полученные значения удельной экономической оценки природных комплексов восточного макросклона Северного и Приполярного Урала в границах Березовского района ХМАО – Югры могут быть использованы при эколого-экономическом обосновании природных парков регионального значения (Северо-Уральского и Манынского).

Статья подготовлена в рамках и при финансовой поддержке granta RNF №14-18-00456 «Обоснование геоэкосоциоэкономического подхода к освоению стратегического природно-ресурсного потенциала северных малоизученных территорий в рамках инвестиционного проекта «Арктика–Центральная Азия».

Таблица 7. Расчет коэффициента уникальности биоразнообразия горной территории ХМАО – Югры на региональном уровне K_{yp} .

Объекты охраны	Северный Урал			Приполярный Урал		
	Общее число видов на территории	Число видов в Красной книге ХМАО (2013)	Доля видов из Красной книги ХМАО от общего числа	Общее число видов на территории	Число видов в Красной книге ХМАО (2013)	Доля видов из Красной книги ХМАО от общего числа
Миноги	1*	0	0	1	0	0
Рыбы	24*	1	0,04	24	1	0,04
Земноводные	5*	1	0,20	4	1	0,25
Птицы	98*	12	0,12	97	12	0,12
Млекопитающие	46*	2	0,04	37	3	0,08
Сосудистые растения	600**	62	0,10	500**	60	0,12
Лишайники	300**	21	0,07	310**	20	0,06
Сумма долей			0,57			0,67
K_{yp}		$1 + 0,52 = 1,57$			$1 + 0,63 = 1,67$	

*Общее число видов миног, костных рыб, земноводных, птиц и млекопитающих восточного склона Северного и Приполярного Урала приведено по [16];

**общее число видов сосудистых растений и лишайников – экспертная оценка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Экономическая оценка особо охраняемых территорий Камчатки: практические результаты и их значение для сохранения биоразнообразия (на примере природного парка «Быстринский») / Г. А. Фоменко и др. Ярославль: АНО НИПИ «Кадастров», 2010. 156 с.
2. Стишов М. С. Методика оценки природоохранной эффективности особо охраняемых природных территорий и их региональных систем. М.: WWF России. 2012. 284 с.
3. Литвинова А. А., Игнатьева М. Н., Коротеев Н. Д. Идентификация услуг, предоставляемых особо охраняемыми природными территориями // Успехи современного естествознания. 2016. № 6. С. 164–168.
4. Литвинова А. А., Игнатьева М. Н. Методические подходы к обоснованию создания особо охраняемых природных территорий // Аграрный вестник Урала. 2015. № 10 (140). С. 83–85.
5. Экономика сохранения биоразнообразия: справочник / под ред. А. А. Тишкова. М.: Ин-т экономики природопользования, 2002. 604 с.
6. Еханурова Е. А. Оценка экологических выгод на территории с особым режимом природопользования // Экономика природопользования. 2005. № 4. С. 29–55.
7. Технико-экономическое обоснование методики государственной кадастровой оценки земель заповедников // Новые финансовые механизмы сохранения биоразнообразия: к итогам Проекта ГЭФ «Сохранение биоразнообразия в Российской Федерации». М.: ЭкоПроект, 2002. С. 156–185.
8. Временная методика государственной кадастровой оценки земель охраняемых территорий и объектов / Росземкадстр. М., 2004. 25 с.
9. Конвенция о биологическом разнообразии. URL: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/biodiv.shtml
10. Указ Президента РФ «Об особо охраняемых природных территориях РФ» от 02.10.1992, №1155.
11. Методика государственной кадастровой оценки особо охраняемых природных территорий и объектов / Росземкадстр. М., 2004. 10 с.
12. Горчаковский П. Л. Растительный мир высокогорного Урала. М., 1975. 283 с.
13. Игошина К. Н. Карта растительности Урала М-ба 1: 2 500 000 (1963). Приложение к статье Растительность Урала // Растительность СССР и зарубежных стран / Труды БИНа. Серия III. Геоботаника. М.: Наука, 1964. С. 83–230.
14. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы) / Министерство природных ресурсов и экологии РФ; Федеральная служба по надзору в сфере природопользования; РАН; Российское ботаническое общество; МГУ им. М. В. Ломоносова; гл. редактор: Ю. П. Трутнев и др.; сост. Р. В. Камелин и др. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 855 с.
15. Красная книга Ханты-Мансийского автономного округа – Югры: животные, растения, грибы. Изд. 2-е / отв. ред. А. М. Васин, А. Л. Васина. Екатеринбург: Баско, 2013. 460 с.
16. Рыжановский В. Н., Богданов В. Д. Каталог позвоночных животных горноравнинной страны Урал: аннотированный список и региональное распределение; справ. пособие. Екатеринбург: Гошицкий, 2013. 172 с.

Альбина Аркадьевна Литвинова,
albalit2012@yandex.ru
Мargarita Nikolaevna Ignyt'eva,
rinis@mail.ru
Институт экономики УрО РАН
Россия, Екатеринбург, ул. Московская, 29

Людмила Михайловна Морозова,
morozova@ipaer.uran.ru
Институт экологии растений и животных УрО РАН
Россия, Екатеринбург, ул. 8 марта, 202

Михаил Сергеевич Кубарев,
Kubarev_mc@mail.ru
Уральский государственный экономический университет,
Россия, Екатеринбург, ул. 8 марта, 62

Guidelines for the economic evaluation of protected areas, implementing environmental protection functions

A. A. Litvinova, M. N. Ignat'eva, L. M. Morozova, M. S. Kubarev

The article is devoted to the economic evaluation of environmental protection functions of specially protected areas (PAs), a part of the total value of the flow of services provided by them. The aim of this study is to improve the methodological tools of economic valuation of protected areas, implementing environmental functions, based on the analysis of methodological approaches to the economic valuation PAs lands, considering the basic features and services of protected areas, identifying of specifics of the flow of ecosystem services within the functional areas of protected areas. Authors analyzed the methodological approach, reflected in the technical and economic justification of methodology of state cadastral valuation of land reserves and the Timely method of state cadastral valuation of lands of specially protected territories and objects; disclosed positive and negative aspects of each. The authors proved the feasibility of using mixed methodological approach for the economic evaluation of environmental protection functions of PAs that combines direct assessment method (alternative cost) and indirect one (the establishment of correction coefficients reflecting qualitative characteristics of PAs). One can find the author's methodological recommendations in this article, which present proposals for defining of specific annual standard for average values of PAs land and the establishment of additional coefficients: the uniqueness coefficient of biodiversity at the regional level, coefficient of conservation value of functional PAs land and environmental significance coefficient of PAs. The authors tested guidelines for conditions of the mountainous part of the Khanty-Mansi Autonomous District – Yugra within the boundaries of the district Berezovsky.

Keywords: economic evaluation; protected areas; environmental functions and services; correction coefficients.

Introduction

The current stage of development of the Russian system of protected areas typically presents a gradual transition from a model that considers protected areas as an “islands of environmental well-being isolated from the outside world” [1], to the integration model that considers protected areas in terms of integration into the socio-economic development of regions of the country and ensuring of the flow of ecosystem services beyond their borders. The practice of organization and management of protected areas using an integrated approach requires significant changes in the information support in the aspect of the integration of natural resource and environmental resource potentials in the regional economy. This is primarily associated with the need for economic evaluation of natural resources and, especially, ecosystem services (environmental resources) provided by protected areas to different users.

Results and discussion

According to the objectives facing the researchers, the analysis of ecosystem functions carried out by the protected areas shows that the primary ones are conservation functions. In work [2] as parts of these functions, authors allocate:

- *standard function*, manifesting in the preservation in protected areas of inviolate and intact natural complexes with their inherent internal biological diversity;
- *refugium function*, that consists in preservation of rare and endangered taxa, communities and ecosystems;
- *reservation function* defining the role of protected areas as areas of reproduction of plant and animal taxa that have economic value, and preservation of large animal clusters;
- “*monumental*” function, defined by the presence on PAs of particularly remarkable objects;
- *eco-stabilizing function*, that consists in providing by protected areas of various kinds of ecosystem services significant for surrounding, and (or) for more remote areas.

The flow of environment forming services generated during the implementation of environmental protection functions of protected areas includes:

- *services for the conservation of biological diversity* (implementation of the standard, refugium, “monumental” and reservation functions);
- *regulating* (climate-regulating, stabilization of atmospheric composition, regulation of surface runoff, regulation of cryogenic processes, assimilation etc.) and *protective* (anti-erosion, soil protection, coast – and slope protection, thermal insulating etc.) eco-stabilizing ecosystem services (implementation of eco-stabilizing function).

Various types of protected areas carry out various environmental functions, depending on the tasks facing them [3]. Table 1 shows the data of the expert evaluation of the nature-protective functions and environmental services provided by nature reserves, national (natural) parks, wildlife sanctuaries, nature monuments. Due to priority of performing by protected areas of environmental functions, along with the provision of recreational, resource and

information services, the primal subject of economic evaluation are ecosystem services provided by protected areas within the implementation of environmental protection functions.

Analysis of methodological materials on the economic evaluation of protected areas shows that for their evaluation researchers currently use two methodological approaches [4]: the direct method of economic evaluation when the evaluation is done every kind of for provided goods and services [1, 5, 6]; and a mixed method (combined), when direct cost evaluation is complemented by the correction coefficients reflecting the quality characteristics of evaluated objects [7, 8]. In the first recommendations on the economic evaluation of lands of reserve purposes, related to the beginning of the XXI century, the subject of evaluation, as in the following methodological recommendations, are the environment-forming services formed during the implementation of environmental protection functions of protected areas. In 2002, a feasibility study (FS) of methods of state cadastral evaluation of reservation lands [7] was published in the materials of the results of the GEF project «Biodiversity Conservation in the Russian Federation», in pursuance of the requirements of the Convention on Biological Diversity [9] and the tasks related to the necessity of optimization of a network of national parks and reserves [10].

Methodical approach [7] focuses on accounting of the opportunity cost, which acts as the value of gross output, obtained by the economic use of land that the society refuses to use, preferring the protection of natural ecosystems and the withdrawal of lands for nature reserves. In the first stage, researchers define the standard of the average value of lands of natural ecosystems, which in this case is the average level of the cadastral value of the land area of the reserve per unit generally for Russia. Further, based on the data of territory zoning by the main ecosystem types, researchers introduce the correction factors in the calculation:

- *the value of ecosystems coefficient (K_v)*, which characterizes the execution of biosphere functions by ecosystems of protected areas;
- *biodiversity uniqueness coefficient (K_u)*, which reflects the unique biota of protected areas.

A little later there was a “Temporary procedure of state cadastral valuation of lands of specially protected areas and objects” (2004) [8], which regulates the procedure for determining the cadastral value of lands within the specially protected areas (SPAs) and objects specified by art. 94–100 of Land Code of the Russian Federation. In June 2015 the Ministry of Economic Development and Trade, by order № 138 approved methodical recommendations for state cadastral evaluation of lands of specially protected areas and objects. Practically, the order for calculating in procedure [8] remains unchanged: one takes the specific index of the cadastral value of land of protected areas, corrects it by using the correction coefficients and multiplies by the area of protected areas. Among the correction coefficients, in the same manner as in the procedure [7], are the ecosystem value coefficient for the dominant type of ecosystem of lands of protected areas, biodiversity uniqueness coefficient for the type of ecosystem that dominates on the land of protected areas. For specially protected areas (SPAs) of the first group, including the protected areas, the specific index of the cadastral value of land corresponds to the cadastral value of the i -th type of land (e. g. forest land, agricultural land, etc.), occupying the largest specific weight in the structure of this land. Each of the procedures has its own advantages and disadvantages. Therefore, if the first of them [7] covers land reserves, the second [8] covers the entire list of specially protected areas. At the same time, reserves are the specially protected areas of the first group, the calculation of the cadastral value of the land of which has same type, i. e., guidelines [7] are also useful in relation to all protected areas belonging to the first group of specially protected areas. Secondly, in the technique [8], the specific index of the cadastral value is calculated based on the rental approach to economic evaluation of land, which is why this technique is, as mentioned previously “accepted for state cadastral valuation of lands of specially protected areas and objects for tax purposes and is not applicable to account for values of specially protected natural areas as part of the national wealth, for the calculation of claims for damages and compensation payments” [11]. In turn, the technique [7] for the economic valuation of land uses the opportunity cost approach, which reflects the value of domestic product, produced by the region per unit area (income determined based on the economic territory of productivity) that allows authors to recommend its use for solving a wider range of tasks than simply taxation [7]. In addition, the use of the opportunity cost approach makes possible the formation of correction coefficients not only for the ecosystem type, but also for Russian Federation constituent members.

Table 1. Environmental protection and environment-forming functions of protected areas services.

Service names	Protected area type						
	Reserve		reserve area	National park, nature park specially protected area	recreation area	economic purpose area	Wildlife sanctuary
	reserve area	economic purpose area					
Environment forming services							
1. Protection of biodiversity:	++			++	++	+	
standard							
refugium							++
reservation							++
«monumental»							++
2. Ecological-stabilization services:	++	+		++	++	+	++
Regulating							
climate regulation							
regulation of surface runoff							
stabilization of atmospheric composition and others							
Protective							
soil protection							
thermal insulation							
anti-erosion and others							

Note: ++ – high importance; + – average importance.

Third, the correction coefficients of value of ecosystems and biodiversity uniqueness, used in techniques, have a complete explanation of its calculation in technique [7], while in the Temporary procedure [8] they do not have any explanation. Besides, the biodiversity uniqueness coefficients correspond to the similar ones in technique [7], but the coefficients of value of ecosystems are increased by 7,14–7,15 times. The logic of this introduction of correction coefficients is unclear.

The authors suggest guidelines for the economic evaluation of protected areas, implementing environmental protection functions, suggest the use of a number of methodological approaches, taking place in considered techniques [7, 8]. We consider it appropriate to use the methodological provisions set out in [7] concerning the definition of the standard average value of unit area of the reserve lands for the Russian Federation as a whole, differentiation of which we carry out using correction coefficients. Authors determined the standard average values of land reserves [7] based on the statistically established patterns linking the decline of economic productivity of territories with an increase of the area, which society accepts to withdraw from the economic circulation to create a reserve. Within the framework of this approach, the authors perceive the average value of domestic product, produced per unit area of the region, as the «opportunity cost» of public profit, created by the reserve lands ecosystems.

The value of the standard average value of land reserves (C_{sp}) for 2000 is defined in [7] at a rate of 26980 rub./year at a rate of capitalization equal to 0.012. Then the annual standard average value of land reserves at the level of 2000 ($C_{sp(2000)}$) will be 323.76 rub./ha., and, taking into account the correction coefficient on the change of the country's GDP (K_{GDP}) equal to 10.05 for 2014, the level will be:

$$C_{sp(2014)} = C_{sp(2000)} K_{GDP} = 323,76 \frac{GDP_{2014}}{GDP_{2000}} = 323,76 \cdot 10,05 = 3253,78 \text{ rub. / ha.}$$

Among the correction factors, apart from the value of ecosystem coefficient (K_v), and the biodiversity uniqueness coefficient K_u , the value of which is given in Annexes 1–5 [7], authors recommend to take into account a number of additional correction coefficients:

– the coefficient of environmental protection value of i -th functional PA (K_{fi}), which reflects the different significance of implementation of environmental protection features within the i -th functional PA;

– PAs biodiversity uniqueness coefficient at the regional level (K_{bu}), which

is calculated by the proportion of rare species of plants and animals listed in the Red Book of the region;

– the coefficient of environmental protection significance of PAs (K_{ps}), reflecting the rarity of ecosystems, taking into account the level which corresponds to the estimated PA.

In general, the recommended calculation formula for economic evaluation of protected areas, implementing environmental protection functions will be:

$$O_{PA} = \left[C_{sp} K_v K_u K_{bu} K_{ps} \left(\sum_{i=1}^m P_i \cdot K_{fi} \right) \right] S_{PA}, \text{rub. / year}, \quad (1)$$

where O_{PA} is the annual economic evaluation of protected areas, rub./year; C_{sp} – the annual standard average land value of protected areas at the time of evaluation, taking into account the correction factor (K_{GDP}) of change the country's GDP, rub./ha.; P_i – the part of the i -th functional zone in the total area of PAs, unit parts; i – functional zone ($i = 1 \dots m$); S_{PA} – the total area of PAs, ha.

The economic estimation of the specific PA represented by several ecosystem types requires calculation of the averaged value of the value of ecosystem coefficient that takes into account the proportion of the area of each ecosystem type in the total area of natural complex of PAs, and the values of the correction coefficients [7]:

$$K_v = \sum_{j=1}^N K_{vj} P_j,$$

where K_{vj} is the coefficient of value of j ecosystem type; P_j – the proportion of j type of ecosystem in the total area of PAs, unit parts; j – ecosystem type ($j = 1 \dots N$); N – number of ecosystem types.

Introduction of the coefficient of environmental protection values of functional zones (K_{fi}) is due to the different significance of the implementation of environmental protection functions in a particular area (for example, services provided in the economic purpose area by performing natural and economic functions will be significantly lower than in reserve, specially protected area, and so on). Justification of the value of the correction factor requires allocation of functional zones composed of different types of PAs. Based on the analysis of materials on functional zoning of PAs of Khanty-Mansi Autonomous District (KhMAD), Yamalo-Nenets Autonomous District, Murmansk Region, Republic of Karelia, Republic of Komi, Kamchatka authors justified average structure

of functional zones for national and natural parks:

Table 2 shows the proposed correction factors of conservation value of functional zones.

– reserve	– 15% of PAs;
– specially protected area	– 35% of PAs;
– traditional nature area (ancestral lands)	– 15% of PAs;
– recreation area	– 30% of PAs (its basic service objects are located in the protected areas or concentrated in nearest settlements);
– economic purpose area	– 5% of PAs.

The coefficient of biodiversity uniqueness at the regional level researchers establish based on information on the most vulnerable part of species diversity, listed in the Red Book of the region.

The authors tested the proposed methodic recommendations for the conditions of the mountainous part of the KhMAD – Yugra within the boundaries of the district Berezovskiy. The object of evaluation is the mountainous part of the county, represented by North (970 ths ha) and Polar Urals (2230 ths ha) with adjacent foothill areas.

To justify value of the value of ecosystem coefficient (K_v) the authors analyzed types of plant complexes on the territory of object of evaluation – east

Table 2. Functional zones and conservation value coefficient.

Type of protected areas and types of zones	The value of K_{ij}
Reserve areas:	1,0
national parks, nature parks	
reserved, specially protected area	1,0
traditional nature area	0,9
recreation area (area of regulated recreational visiting)	0,8
economic purpose area	0,5
Wildlife sanctuaries:	
complex (landscape) with land withdrawal	1,0
complex (landscape) without land withdrawal	0,8
the remaining (except complex) with land withdrawal	0,9
the remaining (except complex) without land withdrawal	0,7
Nature monuments	1,0

Table 3. The coefficients of environmental significance of protected areas.

The importance of protected areas	Value of the coefficient K_{bs}
The international Natural Heritage (in the lists of PAs of international importance)	2,00
Russian National Heritage (federal PAs)	1,50
Heritage of a number of Russian regions	1,25
Heritage of the region of Russian Federation (regional PAs)	1,00

Table 4. Ecosystem types.

Ecosystem types on the Annexes 4 [7] and 5 [1]	Ecosystem characteristics	Number of the legend of the geobotanical map (Igoshina, 1963)	High-altitude belts
Ecosystem types	Ecosystem characteristics		
1a. Polar desert	Stony, lichen and moss-lichen with fragments of algal crusts	4. Alpines	The belt of alpine cold deserts and mountain-tundra belt
166. Polar Ural tundra forest	Mountain tundra woodlands	3. Bushy tundra, flat hilly marshes, and willow coppices 20p. Primary mountain sparse birch forests	Mountain tundra and subalpine belts
17a. North Urals	Mountain-taiga spruce-fir and cedar-fir forests and light forests	5. Larch forests and woodlands, interspersed with spruce forests 6. Birch-spruce sparse forests 7. Secondary forests in place of dark coniferous forests (on burned areas) 8. Birch-spruce forests of northern taiga 16. Secondary forests in place of pine forests (on burned areas) 19. Forests with a predominance or noticeable admixture of cedar 20. Secondary birch forests	Subalpine and mountain forest belts
6b. Northern taiga	Larch, pine-larch, spruce-larch with cedar, moss forests and hilly swamps	14. Pine forests of northern taiga	Foothill territories

Note. Due to not entirely successful development of the annexes 4 [7] and 5 [1], a division of vegetation in mountain belts of Polar Urals is practically impossible to implement, because Polar Urals is simply absent in the specified annexes: the Polar Urals «tundra forest» (166) in Annex 5 [1] (map chart) borders the Northern Urals (17a). No matching ecosystem types in Annex 4 [7]. There are no characteristics of vegetation of belt of alpine cold deserts in these annexes; therefore, authors used assessment of plain polar deserts.

Table 3 shows recommended rates of environmental significance of protected areas, reflecting the scale of the ecosystems rarity, taking into account the level that corresponds to the estimated PA.

macroslope of Northern and Polar Urals within the boundaries of Berezovskiy district of KhMAD – Ugra with surrounding foothill areas.

Within the mountain slopes of estimated territories are the following high-altitude vegetation belts: mountain forest, subalpine, mountain-tundra, belt of alpine cold deserts [12]. The structure of the vegetation cover of the assessment object is characterized by the geobotanical map of scale 1:2,500,000, composed by K. N. Igoshina [13], which shows 11 kinds of vegetable complexes (with retaining the numbers of original legend):

- 3 – bushy tundra, flat hilly marshes, and willow coppices;
- 4 – alpines (mountain-tundra belt and a belt of alpine cold deserts) in [12];
- 5 – larch forests and woodlands, interspersed with spruce forests;
- 6 – birch-spruce sparse forests;
- 7 – secondary forests in place of dark coniferous forests (on burned areas);
- 8 – birch-spruce forests of northern taiga;
- 14 – pine forests of northern taiga;
- 16 – secondary forests in place of pine forests (on burned areas);
- 19 – forests with a predominance or noticeable admixture of cedar;
- 20 – secondary birch forests;
- 20p – primary mountain sparse birch forests;
- 24 – swamps.

Vegetable complexes shown on the map of K. N. Igoshina the authors divided into four groups corresponding to the ecosystem types, presented in the Annexes 4 [7] and 5 [1] (Table 4).

Table 5 calculated the coefficients of value of ecosystems for conditions of Northern and Polar Urals based on the availability of ecosystem types and their distribution area.

Thus, the calculated value of ecosystems coefficients (Table 5), are weighted average by the ecosystem types: for the Northern Urals $K_v = 1.0974$ for the Subpolar Urals $K_v = 1,081$. These coefficients were adjusted on the basis of expert assessments that take into account the contribution of each ecosystem type in the implementation of prior for the given territory ecological-stabilization services. The calculations resulted in the following values of the coefficients: for the Northern Urals = 1.17, for the Subpolar Urals = 1.12.

The coefficient of biodiversity uniqueness researchers determined by direct calculations by accessing the Red Book of the Russian Federation [14] (Table 6).

The coefficient of (K_{bu}), which reflects the uniqueness and specificity of species diversity at the regional level was established based on the analysis of the regional Red Book of KhMAD – Ugra [15]. This paper assembles information on the most vulnerable part of the species diversity of the district in need of protection. The results of calculations of regional uniqueness coefficient are in Table 7.

Table 5. The calculation of the coefficient of value of ecosystems.

Ecosystem types on the Annexes 4 [7] and 5 [1]	No of the legend of the geobotanical map (Igoshina, 1963)	K_v (Annex 4 [7])	The proportion of ecosystems type of the total area	K_v for ecosystems, taking into account the relative area
<i>Northern Urals</i>				
1a	4	0,43	0,07	0,0301
166	3, 20p, 24	0,89	0,07	0,0623
17a	5,6,7,8,16,19,20	1,25	0,61	0,7625
6b	14	0,97	0,25	0,2425
<i>Total</i>			1	1,0974
<i>Subpolar Urals</i>				
1a	4	0,43	0,15	0,0645
166	3, 20p, 24	0,89	0,05	0,0445
17a	5,6,7,8,16,19,20	1,25	0,70	0,875
6b	14	0,97	0,10	0,097
<i>Total</i>			1	1,081

Table 6. The coefficients of biodiversity uniqueness on the territory of Northern and Subpolar Urals, at the federal level.

Objects of protection	Number of species	Northern Urals		Subpolar Urals		
		The number of species in the Red Book of the Russian Federation	The proportion of species	Number of species	The number of species in the Red Book of the Russian Federation	The proportion of species
Mammals	46	0	0	37	0	0
Birds	176	4	0,023	146	4	0,027
Fish and lampreys	25	1	0,04	25	1	0,04
Plants	600	3	0,005	500	2	0,004
K_{bu}		1 + 0,07			1 + 0,07	

Table 7. Calculation of the coefficient of biodiversity uniqueness of mountain territory KhMAD-Ugra at the regional level of K_{bu} .

Objects of protection	Number of species	Northern Urals		Subpolar Urals		
		The number of species in the Red Book of KhMAD (2013)	The proportion of species from the Red Book of KhMAD from total number	Number of species	The number of species in the Red Book of hMAD (2013)	The proportion of species from the Red Book of hMAD from total number
Lampreys	1*	0	0	1	0	0
Fish	24*	1	0,04	24	1	0,04
Amphibia	5*	1	0,20	4	1	0,25
Birds	98*	12	0,12	97	12	0,12
Mammals	46*	2	0,04	37	3	0,08
Vascular plants	600**	62	0,10	500**	60	0,12
Lichens	300**	21	0,07	310**	20	0,06
Sum of proportions			0,57			0,67
K_{bu}		1 + 0,52 = 1,57			1 + 0,63 = 1,67	

* The total number of species of lampreys, bony fish, amphibians, birds and mammals of the eastern slope of the Northern and Subpolar Urals given by [16];

** the total number of species of vascular plants and lichens (expert evaluation).

Thus, the biodiversity uniqueness coefficient at the regional level is much higher of such a ratio at the federal level, it is **1,57** for the Northern Urals, and **1,67** for the Subpolar Urals. The introduction of these coefficients in the formula for calculating the specific economic evaluation of prospective lands for creating protected areas increases their value.

The value of the coefficient of environmental significance K_{ps} at this stage of the calculation the authors take equal to one, and the annual standard average value of lands (C_p) for 2014, – 3253.78 rub./ha. Then, provided the organization in the future within the estimated territory of natural parks of regional importance with the appropriate for them average structure of functional areas based on the formula (1), the specific economic evaluation of protected areas will be:

For the Northern Urals = 5755.72 rub./ha;

For the Subpolar Urals = 5860.70 rub./ha.

Conclusions

We consider a methodical approach that combines direct assessment method (opportunity cost) and indirect (the introduction of correction factors to reflect qualitative characteristics of PA) as the most appropriate for the economic evaluation of protected areas, implementing environmental functions.

2. The uniqueness and specificity of the local flora and fauna, the degree of environmental protection services flow rates in the functional areas of protected areas, and environmental protection value of PAs are encouraged to consider using additional correction factors.

The values obtained for the specific economic evaluation of natural complexes of the eastern macroslope of Northern and Subpolar Urals within

the boundaries of Berezovskiy district of KhMAD – Ugra are useful for ecological-economic feasibility of the natural parks of regional importance (North-Ural and Maninsky).

REFERENCES

1. Fomenko G. A. et al. 2010, *Ekonomicheskaya otsenka osobo okhranyayemykh territorii Kamchatki: prakticheskie rezul'taty i ikh znachenie dlya sokhraneniya bioraznoobraziya (na primere prirodnoy parka «Bystrinskyy»)* [Economic valuation of protected areas of Kamchatka: the practical results and their implications for the conservation of biodiversity (on example of a Natural park «Bystrinsky»)], Yaroslavl', 156 p.
2. Stishov M. S. 2012, *Metodika otsenki prirodoobhrannoy effektivnosti osobo okhranyayemykh prirodnykh territorii i ikh regional'nykh sistem* [Methods of assessing of the environmental effectiveness of protected areas and their regional systems], Moscow, 284 p.
3. Litvinova A. A., Ignat'eva M. N., Koroteev N. D. 2016, *Identifikatsiya uslug, predostavlyayemykh osobo okhranyayemyimi prirodnymi territoriyami* [Identification of the services provided by protected areas]. *Uspekhi sovremennoy estestvoznaniiya* [Advances in current natural sciences], no. 6, pp. 164–168.
4. Litvinova A. A., Ignat'eva M. N. 2015, *Metodicheskie podkhody k obosnovaniyu sozdaniya osobo okhranyayemykh prirodnykh territorii* [Methodological approaches to justification of creation of protected areas]. *Agrarnyy vestnik Urala* [Agrarian Bulletin of the Urals], vol. 140, no. 10, pp. 83–85.
5. Tishkov A.A. 2002, *Ekonomika sokhraneniya bioraznoobraziya* [Economics of biodiversity conservation], Moscow, 604 p.
6. Ekhanurova E. A. 2005, *Otsenka ekologicheskikh vydod na territorii s osobym rezhimom prirodopol'zovaniya* [Assessment of environmental benefits on the ter-

- rietary with a special regime nature management]. *Ekonomika prirodopol'zovaniya* [Environmental economics], no. 4, pp. 29–55.
7. 2002, *Tekhniko-ekonomicheskoe obosnovanie metodiki gosudarstvennoy kadastrovoy otsenki zemel' zapovednikov. Novye finansovye mekhanizmy sokhraneniya bioraznoobraziya: k itogam Proekta GEF «Sokhranenie bioraznobraziya v Rossiyskoy Federatsii»* [Feasibility study of methodology of state cadastral valuation of lands reservations. New financial mechanisms of biodiversity conservation: to the results of the GEF Project «Biodiversity Conservation in the Russian Federation»], Moscow pp. 156–185.
 8. 2004, *Vremennaya metodika gosudarstvennoy kadastrovoy otsenki zemel' okhranyaemykh territoriy i ob'ektov* [Provisional guidelines state cadastral valuation of protected areas and objects], Moscow, 25 p.
 9. *Konvensiya o biologicheskom raznoobraziyu* [The Convention on Biological Diversity]. Available at: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/biodiv.shtml
 10. *Ukaz Prezidenta RF «Ob osobo okhranyaemykh prirodnnykh territoriyakh RF» ot 02.10.1992 № 1155* [Presidential Decree «On specially protected natural territories of the Russian Federation» dated 02.10.1992 № 1155].
 11. 2004, *Metodika gosudarstvennoy kadastrovoy otsenki osobo okhranyaemykh prirodnnykh territoriy i ob'ektov* [Method of state cadastral estimation of specially protected natural territories and objects], Moscow, 10 p.
 12. Gorchakovskiy P. L. 1975, *Rastitel'nyy mir vysokogornogo Urala* [Flora of the Urals Mountains], Moscow, 283 p.
 13. Igoshina K. N. 1964, *Karta rastitel'nosti Urala M 1: 2 500 000* (1963). *Rastitel'nost' SSSR i zarubezhnykh stran* [Vegetation Map of Ural 1: 2 500 000 (1963). Vegetation of the USSR and foreign countries]. *Trudy BINa. Seriya III. Geobotanika* [Proceedings of Botanical Institute. Third Series. Geobotany], Moscow, pp. 83–230.
 14. Trutnev Yu. P., Kamelin R. V., et al. 2008, *Krasnaya kniga Rossiyskoy Federatsii (rasteniya i grify)* [The Red Book of the Russian Federation (plants and fungi)], Moscow, 855 p.
 15. Vasin A. M., Vasina A. L., 2013, *Krasnaya kniga Khanty-Mansiyskogo avtonomnogo okruga – Yugry: zhivotnye, rasteniya, grify* [The Red Book of the Khanty-Mansi Autonomous District – Yugra: animals, plants, fungi], Ekaterinburg, 460 p.
 16. Ryzhanovskiy V. N., Bogdanov V. D. 2013, *Katalog pozvonochnykh zhivotnykh gorno-ravninnoy strany Ural: Annotirovanny spisok i regional'noe raspredelenie. Spravochnoe posobie* [Catalog of vertebrate animals of mountain-plain country Ural: Annotated list and regional distribution. A Reference guide], 172 p.

Al'bina Arkad'evna Litvinova,
albalit2012@yandex.ru

Margarita Nikolaevna Ignat'eva,
Institute of Economics of the Ural Branch of the RAS
Ekaterinburg, Russia

Lyudmila Mikhaylovna Morozova,

morozova@ipae.uran.ru
Institute of Plants and Animals Ecology of the Ural Branch of the RAS
Ekaterinburg, Russia

Mikhail Sergeevich Kubarev,

Kubarev_mc@mail.ru
Ural State University of Economics
Ekaterinburg, Russia

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МОДЕРНИЗАЦИИ ЭКОНОМИКИ РОССИИ

Л. А. Мочалова

Environmental aspects of modernization of the Russian economy

L. A. Mochalova

The article is devoted to the modernization of the economy, whose main areas are new industrialization (neoindustrialization) and the formation of post-industrial (information) economy based on higher technological ways. The processes of modernization should allow eventually moving from raw material export development strategy of the country's economy to the innovative strategy. However, social and environmental effects must accompany them, at the expense of development of environmentally friendly economic activities, use of the «green» innovative technologies and environmentally friendly equipment. As an important step towards the «green» economic modernization in Russia the author considers initiated by the government transition to the best available technologies, contributing to the comprehensive prevention and (or) minimization of negative impact on the environment. The author supposes that economic modernization should be supported by the state through the implementation of the related industrial and environmental policies, consisting in direct state participation in the updating of machinery and technological processes in industrial enterprises as well as in indirect: through the use of economic instruments of promoting of the economic subjects (tax incentives, penalties). The author also draws attention to the necessity of preparation and implementation of strategic planning documents at the federal, regional and municipal levels, within which economists must present not only economic but also environmental medium and long-term objectives, targets and indicators.

Keywords: modernization; new industrialization; industrial policy; the best available technologies; economic incentive instruments; environmentally friendly production.

Статья посвящена модернизации экономики, основными направлениями которой выступают новая индустриализация (неоиндустриализация) и формирование постиндустриальной (информационной) экономики, основанной на более высоких технологических укладах. Отмечается, что модернизационные процессы должны позволить в конечном итоге перейти от экспортно-сырьевой стратегии развития экономики страны к инновационной. При этом они должны сопровождаться получением социально-экологических эффектов за счет развития экологически чистых видов экономической деятельности, использования «зеленых» инновационных технологий и экологичного оборудования. В качестве важного шага на пути к «зеленой» модернизации экономики в России рассматривается инициированный государством переход на наилучшие доступные технологии, способствующий комплексному предотвращению и (или) минимизации негативного воздействия на окружающую среду. Указывается, что экономическая модернизация должна поддерживаться государством через взаимосвязанное осуществление промышленной и экологической политик, заключающихся в прямом государственном участии в обновлении техники и технологических процессов на промышленных предприятиях, а также косвенном: через применение экономических инструментов стимулирования хозяйствующих субъектов (налоговые льготы, штрафы). При этом обращается внимание на необходимость подготовки и реализации документов стратегического планирования на федеральном, региональном и муниципальном уровнях, в рамках которых должны быть представлены не только экономические, но и экологические средне- и долгосрочные цели, задачи и показатели.

Ключевые слова: модернизация; новая индустриализация; промышленная политика; наилучшие доступные технологии; экономические инструменты стимулирования; экологически чистое производство.

Многие научные исследования последнего десятилетия посвящены проблемам модернизации экономики России, под которой понимается процесс её изменения путем различных усовершенствований в соответствии с современными требованиями. При этом, согласно терминологии теории модернизации китайского профессора Хэ Чуаньци [1], речь идет об одновременном прохождении страной первичной и вторичной стадий модернизации. Первичная стадия под названием «классическая модернизация» связана с переходом от традиционного общества к индустриальному. Возникновение вторичной стадии модернизации основывается на первичной и означает переход к постиндустриальному, информационному обществу, основанному на знаниях. Первая и вторая стадии модернизации находятся во взаимодействии друг с другом. В соответствии с рейтингом, составленным Центром исследований модернизации Китайской академии наук (ЦИМ КАН) по 131-й стране, в 2006 г. Россия находилась на 41-м месте согласно индексу первичной модернизации, на 31-м месте – согласно индексу вторичной модернизации и на 37-м месте – согласно интегрированному индексу модернизации. По показателям вторичной модернизации Россия вошла в группу среднеразвитых стран, отставая от развитых (США, 1-е место) и опережая предварительно развитые (Китай, 70-е место) и отстающие (Индия, 97-е место).

Рассмотренные стадии модернизации, но с использованием другой терминологии, представлены в работе Г. П. Журавлевой [2]. По её словам, в необходимой для российской экономики модернизации четко просматриваются два основных направления: первое – модернизация произ-

водственно-технической (промышленной) базы с современным машино- и станкостроением, второе – модернизация структуры экономики, заключающаяся в увеличении доли продукции с высокой добавленной стоимостью, увеличении удельного веса экономики знаний и сокращении доли топлива, сырья и полуфабрикатов в структуре экспорта при одновременном росте доли готовой продукции. Первое направление модернизации зачастую называют новой индустриализацией, или неоиндустриализацией, под которой понимается не просто процесс восстановления промышленной базы страны (по мнению автора статьи, именно этот процесс следует называть реиндустриализацией), а инновационное обновление традиционных отраслей промышленности. Второе направление модернизации связывают с формированием постиндустриальной, инновационной, информационной экономики или экономики знаний. Из утверждения Г. П. Журавлевой о том, что процесс возрождения традиционных отраслей промышленности, оснащенных современной техникой и технологиями, связанных с повышением производительности труда и развитием средних (четвертого и пятого) технологических укладов, не отрицает формирования высоких (шестого и седьмого) технологических укладов и информационного общества, а наоборот, является для них основой, следует: первое направление модернизации предшествует второму.

Несколько в иной последовательности модернизацию экономики рассматривает акад. А. Н. Татаркин [3]. По его мнению, новая индустриализация обусловлена жизненным циклом технологических укладов, смена которых (от четвертого к пятому и шестому) отражает переход от индустриальной к постиндустриальной, а от неё – к новой индустриализации. Таким образом, в качестве первоочередного направления модернизации рассматривается развитие постиндустриальной экономики и, как следствие, новая индустриализация, вызванная возникновением высокотехнологичных секторов экономики, развитие которых требует переоснащения промышленного производства с учетом современных требований. С ним согласны С. Д. Бодрунов [4] и С. А. Жиронкин [5], которые в качестве главной цели новой индустриализации рассматривают восстановление роли и места промышленности в экономике страны на основе нового, передового технологического уклада.

Однако в какой бы последовательности ни рассматривались стадии и направления модернизации экономики России, автор статьи присоединяется к мнению учёных о том, что существующая ситуация требует проведения активной промышленной политики, которая способна повысить эффективность производства и увеличить темпы экономического роста. Несомненно, что данный процесс сопровождается множеством проблем. При этом одни специалисты говорят о финансовых [6], другие – об экологических и социальных трудностях модернизации [3, 7]. Финансовые трудности связаны с необходимостью привлечения значительного количества средств для обновления технико-технологической базы промышленного производства, а также для подготовки высококвалифицированных специалистов, способных создавать и использовать новую технику и технологии. Экологические проблемы возможны в случае наращивания объёмов использования природных ресурсов и загрязнения окружающей среды. Социальные трудности модернизации заключаются в росте безработицы в сферах деятельности, относящихся к старым технологи-

ческим укладам. По поводу социальных проблем довольно оптимистичным представляется утверждение С. Д. Бодрунова [8] о том, что реализация таких базовых элементов концепции модернизации экономики, как высокотехнологичное производство и экономика знаний, обеспечивает условия для формирования экономики счастья и социокультуры. Практика показывает, что как в социальной, так и в экологической сферах не следует надеяться на «невидимую руку» рынка, и поэтому решение возникающих в них проблем возможно лишь при соответствующей государственной политике. Данная политика должна базироваться на положениях концепции устойчивого развития, принятой за основу для социально-экономического развития государств представителями Конференции ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро в 1992 г., а затем получившей отражение в соответствующих стратегических государственных документах различных стран мира. В России таким документом явилась Концепция перехода РФ к устойчивому развитию, утвержденная Указом Президента РФ от 1 апреля 1996 г. № 440. Устойчивое развитие предполагает ориентирование на получение трёх эффектов одновременно: экономического (рост объёмов производства и потребления), экологического (обеспечение благоприятной окружающей среды и сохранение природно-ресурсного потенциала) и социального (высокое качество жизни) [9]. При формировании промышленной политики России целесообразно обратиться к опыту зарубежных стран, переживших процесс новой индустриализации, активно производящих и экспортрующих продукцию с высокой добавленной стоимостью и одновременно решая экологические и социальные проблемы развития [10, 11].

В соответствии с Указом Президента РФ «О долгосрочной государственной экономической политике» от 7 мая 2012 г. № 596 Правительству РФ поручено принять меры, направленные на «увеличение доли продукции высокотехнологичных и научно-ёмких отраслей экономики в валовом внутреннем продукте к 2018 году в 1,3 раза относительно уровня 2011 года»; для этого в области модернизации и инновационного развития экономики необходимо предусмотреть «в составе разрабатываемых государственных программ РФ мероприятие по развитию национальной инновационной системы в соответствии со Стратегией инновационного развития РФ на период до 2020 года, а также формирование системы технологического прогнозирования, ориентированной на обеспечение перспективных потребностей обрабатывающего сектора экономики, с учетом развития ключевых производственных технологий» и др.

В Федеральном законе «О промышленной политике в РФ» от 31 декабря 2014 г. № 488 одна из основных целей данной политики связана с «формированием высокотехнологичной, конкурентоспособной промышленности, обеспечивающей переход экономики государства от экспортно-сырьевого типа развития к инновационному типу развития», а в качестве двух из восьми задач указаны: «стимулирование субъектов деятельности в сфере промышленности рационально и эффективно использовать материальные, финансовые, трудовые и природные ресурсы, обеспечивать повышение производительности труда, внедрение импортозамещающих, ресурсосберегающих и экологически безопасных технологий», а также «снижение риска чрезвычайных ситуаций техногенного характера на объектах промышленной инфраструктуры», что говорит о значимости комплексного решения экономических и экологических проблем. Важным является включение в закон статей, касающихся согласования интересов государства и бизнеса в развитии промышленности России, которое возможно путём применения следующих мер стимулирования деятельности субъектов: предоставления финансовой, информационно-консультационной поддержки, поддержки осуществляющей ими научно-технической и инновационной деятельности в сфере промышленности, поддержки развития их кадрового потенциала, осуществляющей ими внешнеэкономической деятельности, предоставления государственных и муниципальных преференций, иных мер поддержки. Отмечается, что финансовую поддержку субъектов деятельности в сфере промышленности могут предоставлять государственные (федеральные и региональные) фонды развития промышленности, входящие в состав инфраструктуры поддержки деятельности в сфере промышленности. Указывается, что перечисленные меры стимулирования субъектов касаются и применения ими новейших технологий.

Автор статьи полностью поддерживает утверждение А. Н. Татаркина [3], заключающееся в том, что как при формировании новых секторов экономики, так и при модернизации традиционных отраслей именно технологии становятся определяющим фактором современного

производства. В свою очередь, О. С. Сухарев [12] выделяет «реальные» технологии, подразумевающие использование технических устройств, приспособлений, оборудования и обеспечивающие повышение производительности труда и снижение трансформационных издержек, а также «виртуальные», расширяющие возможности переработки информации и снижающие трансакционные издержки. А. Н. Татаркин [3] в качестве одной из мировых тенденций технологического развития называет развитие «зелёной» экономики¹, способствующей недопущению нежелательного типа экономического роста под названием «рост без будущего», основанного на чрезмерной эксплуатации ресурсов природной среды. По мнению автора статьи, «реальными» технологиями, способствующими формированию «зелёной» экономики, выступают ресурсо- и энергосберегающие, малоотходные, более чистые технологии; «виртуальными» – технологии эффективного управления экологической деятельностью (технологии экологического менеджмента).

Важным шагом на пути к «зелёной» новой индустриализации экономики в России является инициированный государством переход на наилучшие доступные технологии (НДТ). Федеральный закон «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты РФ» от 24 июня 2014 г. № 219 отмечает, что «применение НДТ направлено на комплексное² предотвращение и (или) минимизацию негативного воздействия на окружающую среду» хозяйственной деятельности, а также применяемых при её осуществлении технологических процессов, оборудования, технических способов и методов. В отредактированном Федеральном законе «Об охране окружающей среды» от 10 января 2002 г. № 7 термин «наилучшая доступная технология» характеризуется как «технология производства продукции (товаров), выполнения работ, оказания услуг, определяемая на основе современных достижений науки и техники и наилучшего сочетания критериев достижения целей охраны окружающей среды при условии наличия технической возможности её применения». И. И. Помельников [13] поясняет, что «наилучшие» технологии характеризуются одновременно их экологичностью, демонстрируемой показателями воздействия на окружающую среду, и экономической эффективностью, определяемой превышением получаемых экономических выгод над затратами по внедрению и эксплуатации технологии. «Доступные» технологии отвечают следующим условиям: 1) они возможны для применения на конкретном предприятии; 2) продаются по умеренным ценам; 3) могут быть приобретены на рынке. Под термином «технология» понимаются технологические процессы, технические решения (оборудование, технические способы и методы), а также управленческие решения.

В Распоряжении Правительства РФ «Об утверждении комплекса мер, направленных на отказ от использования устаревших и неэффективных технологий» от 19 марта 2014 г. (ред. от 29 августа 2015 г.) № 398-р отмечается необходимость разработки нормативной базы в области регулирования внедрения НДТ, в том числе включающей формирование единых подходов к терминологии, структуре и заполнению разделов информационно-технических справочников по НДТ, описанию технологий, мониторингу, оценке и управлению рисками при внедрении НДТ. Согласно Распоряжению Правительства РФ № 2178-р от 31 октября 2014 г. «Об утверждении поэтапного графика создания в 2015–2017 гг. отраслевых справочников наилучших доступных технологий» реализуется поэтапный график создания в 2015–2017 гг. 48 информационно-технических справочников (ИТС) НДТ. Данная работа организуется Бюро НДТ, которое создано на основе подведомственной Росстандарту организации – ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт стандартизации материалов и технологий».

Структура информационно-технического справочника

Отраслевой справочник НДТ должен включать: общую информацию о рассматриваемой отрасли промышленности; описание технологических процессов, используемых в настоящее время в данной отрасли; текущие уровни эмиссии в окружающую среду; определение НДТ; НДТ; экономические аспекты реализации НДТ; перспективные технологии; другие структурные элементы. ИТС НДТ должны стать основой для реализации принципа технологического нормирования, который заключается в использовании реалистичных технологических нормативов, основанных на НДТ и стимулирующих внедрение эффективных технологий «начала трубы». Принцип технологического нормирования призван заменить «оставшийся по наследству» от административно-командной системы принцип санитарно-гигиенического нормирования, который устанавливает жёсткие, зачастую недостижимые нормативы воздей-

¹ В докладе Программы ООН по окружающей среде «Навстречу «зелёной» экономике: путь к устойчивому развитию и искоренению бедности» 2011 г. отмечается, что «зелёная» экономика «повышает благосостояние людей и обеспечивает социальную справедливость, при этом существенно снижая риски для окружающей среды и её обеднение». Данная экономика призвана заменить «коричневую» экономику, которая характеризуется высокой зависимостью от энергии, извлекаемой из ископаемого топлива, широкомасштабной бедностью, нехваткой пресной воды и продовольствия, истощением природных ресурсов и социальной маргинализацией.

² Термин «комплексное» означает учёт всех элементов окружающей среды, на которые возможно оказать воздействие.

ствия на окружающую среду и концентрирует внимание предприятий на экономически неэффективных технологиях «конца трубы». Данный принцип в первую очередь должен быть реализован по отношению к промышленным предприятиям, которые являются объектами I категории – объектами, оказывающими значительное негативное воздействие на окружающую среду и относящимися к областям применения НДТ в соответствии с ПНСТ 21-2014 «Наилучшие доступные технологии».

Автор статьи придерживается мнения о том, что при внедрении НДТ и осуществлении новой промышленной политики России следует учитывать особый характер её постцентральной экономики, проявляющийся в отсутствии стремления бизнеса к реализации долгосрочных проектов. В связи с этим одним из ключевых факторов эффективного инновационного развития в такого рода экономике является участие государства. Таким образом, новой индустриализации экономики может способствовать доля государства в крупных интегрированных бизнес-структурах, обеспечивающих значительный объём отечественного производства. Т. А. Чилимова и В. П. Иваницкий [14] отмечают, что в настоящее время она в большей мере представлена в транспорте (железные дороги, газо- и нефтепроводы, авиаперевозки), производстве судов, летательных и космических аппаратов, газодобычи. Влияние государства на осуществление инвестиций в инновации в этом случае заключается в использовании таких инструментов, как оплата плановых инноваций, дивидендная политика (реинвестирование) и т. д.

С целью стимулирования внедрения НДТ и других инноваций на уровне хозяйствующих субъектов, находящихся только в частной собственности, государственное регулирование предполагается осуществлять через применение налоговых льгот и штрафов. В Федеральном законе «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты РФ» от 24 июля 2014 г. № 219 предусмотрены следующие меры стимулирования юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, осуществляющих хозяйственную и (или) иную деятельность, к проведению мероприятий по снижению негативного воздействия на окружающую среду и внедрению НДТ:

- 1) освобождение от взимания платы за негативное воздействие на окружающую среду после внедрения НДТ (с 1 января 2020 г.);
- 2) увеличение повышающих коэффициентов платы за негативное воздействие на окружающую среду в случае несоблюдения технологических нормативов до 25 – за временно разрешённое воздействие и до 100 – за воздействие, превышающее разрешённое (с 1 января 2020 г.);
- 3) применение повышающего коэффициента 100 при исчислении платы за негативное воздействие на окружающую среду выше технологических нормативов после наступления сроков, определённых планом мероприятий по охране окружающей среды (для объектов II и III категорий) или программой повышения экологической эффективности (для объектов I категории) с 1 января 2020 г.;
- 4) корректировка платы за негативное воздействие на окружающую среду путем вычитания затрат на реализацию мероприятий по снижению негативного воздействия на окружающую среду в пределах исчисленной суммы (с 1 января 2016 г.);
- 5) применение дополнительного коэффициента 2 при начислении амортизации на оборудование НДТ (с 1 января 2019 г.);
- 6) наложение административного штрафа на должностных лиц в размере от 4 до 10 тыс. руб.; на юридических лиц – от 50 до 100 тыс. руб. в случае осуществления хозяйственной деятельности без комплексного экологического разрешения (с 1 января 2019 г.).

Автором статьи приветствуется расширение спектра и масштабов экономического стимулирования предприятий в экологической сфере, однако высказываются сомнения по поводу наличия у предприятий достаточного количества собственных средств для кардинального технологического обновления. При этом следует учитывать, что новая промышленная политика должна подразумевать совершенствование не только технологической базы, но и всех остальных элементов производственного процесса: его организации, продукта и труда [4]. С точки зрения экологизации производства в данном случае следует понимать необходимость экологического образования и повышения экологического сознания руководителей, специалистов и всего персонала промышленных предприятий, а также стимулирования организаций экологически чистого производства («cleaner production»). Данное производство характеризуется: применительно к производственным процессам – сокращением материально- и энергозатрат, исключением из производственного процесса токсичных сырьевых материалов, уменьшением количества и снижением уровня токсичности выбросов, сбросов и отходов до их выхода из производственного процесса; применительно к продукции – уменьшением негативного воздействия на окружающую среду в течение всего её жизненного цикла – от добычи сырья для производства и до того момента, когда продукция становится отходом; применительно к сфере услуг – соблюдением экологических норм при разработке и предоставлении услуг [15]. К настоящему времени накоплен довольно большой

зарубежный опыт по организации экологически чистого производства, который можно использовать в отечественной практике. Так, в Китае и Катаре уже созданы промышленные установки по синтезу экологически чистого дизельного топлива с нулевым содержанием серы из метана. В различных странах мира реализуются проекты создания биотоплива из растительного спирта. Технологии синтеза углеводородов из угля в Германии применяются ещё с середины XX в. Учёные рассматривают возможность декарбонации – перехода от топлива с высоким содержанием углерода к энергоносителям с повышенной долей водорода [16].

А. В. Шевчук [17] отмечает, что важным элементом государственного регулирования экологизации промышленного производства может стать утверждение Стратегии экологической безопасности РФ, в которой должны рассматриваться особенности данного процесса для условий различных секторов экономики с учётом положений Стратегии национальной безопасности РФ до 2020 г. и Концепции совершенствования государственной политики в области обеспечения промышленной безопасности с учётом необходимости стимулирования инновационной деятельности предприятий на период до 2020 г. К сожалению, пока действующие в настоящее время государственные стратегии и программы социально-экономического развития не приводят к принципиальным изменениям в экологической ситуации. Для повышения их эффективности факторы экологической безопасности должны быть включены в систему стратегического планирования. Реальным документом, призванным свести в единую систему процесс разработки документов стратегического планирования в экономической, экологической и социальной сферах деятельности, является Федеральный закон «О стратегическом планировании» от 28 июня 2014 г. № 172. Особое внимание в законе уделяется мониторингу и контролю за реализацией документов стратегического планирования, разрабатываемых на федеральном, региональном и муниципальном уровнях, в частности оценке их результативности и эффективности. При этом хотелось бы уточнить, что оценка результативности стратегий развития РФ, субъектов Федерации и муниципальных образований должна предполагать учёт достижения не только экономических, но и экологических, и социальных целей, задач и показателей. В частности, речь идёт о выявлении наличия или отсутствия эффекта декаплинга, проявляющегося в том, что при улучшении экономических показателей в условиях инновационной и «зелёной» экономики не должны ухудшаться экологические показатели [18]. При отсутствии данного эффекта на фоне роста материального благополучия может наблюдаться ситуация деградации окружающей среды и социальной напряженности и таким образом не будут соблюдаться условия устойчивости развития.

Выводы

1. Нынешняя технико-экономическая ситуация в России говорит о необходимости осуществления модернизации экономики, основными направлениями которой выступают новая индустриализация, под которой понимается процесс восстановления и инновационного обновления традиционных отраслей промышленности, а также формирование постиндустриальной, информационной экономики, основанной на более высоких технологических укладах. Модернизационные процессы должны способствовать обновлению основных фондов предприятий, развитию высокотехнологичных секторов экономики, повышению конкурентоспособности отечественной продукции и в конечном итоге позволить перейти от экспортно-сырьевой стратегии развития экономики страны к инновационной.

2. Модернизация экономики России должна быть ориентирована на достижение лучших экономических показателей, а также получение экологических и социальных эффектов. В частности, «озеленение» модернизационных процессов в экономике страны должно проявляться в развитии экологически чистых видов экономической деятельности, использовании «зелёных» инновационных технологий и экологичного оборудования, что будет способствовать недопущению нежелательного типа экономического роста под названием «рост без будущего», основанного на чрезмерной эксплуатации ресурсов природной среды.

3. В качестве определяющего фактора развития современного производства как при формировании новых секторов экономики, так и при модернизации традиционных отраслей необходимо рассматривать технологии. В связи с этим значительным шагом на пути к «зелёной» модернизации экономики в России выступает инициированный государством переход на наилучшие доступные технологии (НДТ), применение которых способствует комплексному предотвращению и (или) минимизации негативного воздействия на окружающую среду хозяйственной деятельности, а также применяемых при её осуществлении технологических процессов, оборудования, технических способов и методов.

4. Модернизация экономики должна поддерживаться государством через взаимосвязанное осуществление промышленной и экологической политик, заключающихся в прямом государственном участии в обновлении техники и технологических процессов на промышленных предприятиях, а также косвенном: через применение экономических инстру-

ментов стимулирования хозяйствующих субъектов (налоговые льготы, штрафы).

6. Важным моментом государственного регулирования модернизации экономики страны и её «зеленения» выступают подготовка и реализация документов стратегического планирования на федеральном, региональном и муниципальном уровнях, в рамках которых должны быть представлены не только экономические, но и экологические средне- и долгосрочные цели, задачи и показатели.

ЛИТЕРАТУРА

1. Обзорный доклад о модернизации в мире и Китае (2001–2010) / пер. с англ. под общ. ред. Н. И. Лапина. М.: Весь Мир, 2011. 256 с.
2. Журавлева Г. П. Экономическая политика современной России: модернизация и реиндустриализация // Вестник ТГУ. 2014. № 3. С. 26–32.
3. Татаркин А. И. Новая индустриализация экономики России: потребность развития и/или вызовы времени // Экономическое возрождение России. 2015. № 2(44). С. 20–31.
4. Бодрунов С. Д. Какая индустриализация нужна России? // Экономическое возрождение России. 2015. № 2(44). С. 6–17.
5. Жиронкин С. А. Технологические детерминанты выхода экономики России из структурной десоциализации // Журнал экономической теории. 2015. № 4. С. 14–22.
6. Connolly R. Financial constraints on the modernization of the Russian economy // Eurasian Geography and Economy. 2011. Vol. 52, № 3. P. 428–459.
7. Душин А. В. Новая индустриализация и экономика знаний: основания развития // Изв. УГГУ. 2013. № 4. С. 88–92.
8. Бодрунов С. Д. Производительность труда и вопросы реиндустриализации экономики // Реиндустриализация как базовое направление модернизации российской экономики: материалы науч. семинара (27 июня 2014 г.). СПб.: ИНИР, 2014. С. 24–28.
9. Ингатьева М. Н., Косолапов О. В. Сущность понятия «устойчивое развитие» // Изв. вузов. Горный журнал. 2014. № 2. С. 21–25.
10. Johnson E. Trends 2015. The national economy is taking off will our industry do the same? // North. Logger and Timber Process. 2015. Vol. 63, № 7, P. 18–20, 21–23.
11. Zhang Z. X. China in the transition to a low-carbon economy // Energy Policy. 2010. Vol. 38, № 11, P. 6638–6653.
12. Сухарев О. С. Институциональная теория экономического роста: основные императивы // Журнал экономической теории. 2015. № 3. С. 185–202.
13. Помельников И. И. Состояние и перспективы развития железорудной промышленности в условиях «медвежьего рынка» // Горная промышленность. 2015. № 5. С. 18–22.
14. Чилимова Т. А., Иванцкий В. П. Действенность отношений государства и корпорации в развитии инновационной экономики // Вестник Омск. ун-та. Сер. «Экономика». 2015. № 3. С. 296–301.
15. Мочалова Л. А. Инновационный инструментарий управления социо-экологичекой устойчивостью промышленного предприятия // Вестник УрФУ. Сер. «Экономика и управление». 2013. № 2. С. 95–105.
16. Гафуров С. З. Проблема прогнозируемости долгосрочных цен на нефть // Экономическое возрождение России. 2015. № 2(44). С. 89–93.
17. Шевчук А. В. Государственная экологическая политика на современном этапе развития страны // Теория и практика экономического регулирования природопользования и охраны окружающей среды: сб. трудов 13-й Междунар. науч.-практ. конф. Рос. о-ва экологич. экономики РСЕЕ 2015. М., 2015. С. 7–19.
18. Бобylev S. N., Zakharov V. M. «Зеленая» экономика и модернизация. Экологико-экономические основы устойчивого развития. Эффект «декаплинга» // На пути к устойчивому развитию России. 2012. № 60. С. 62–65.

REFERENCES

1. Lapin N. I., 2011, *Obzornyj doklad o modernizatsii v mire i Kitae (2001–2010)* [A survey report on the modernization of the world and China (2001–2010)], Moscow, 256 p.
2. Zhuravleva G. P. 2014, *Ekonomicheskaya politika sovremennoy Rossii: modernizatsiya i reindustrializatsiya* [The economic policy of modern Russia: the modernization and reindustrialization]. Vestnik TGU [Tomsk State University Journal], no. 3, pp. 26–32.
3. Tatarkin A. I. 2015, *Novaya industrializatsiya ekonomiki Rossii: potrebnost' razvitiya i ili vyzovy vremeni* [The new industrialization of the Russian economy: the need to develop and / or challenges of our time]. Ekonomicheskoe vozrozhdenie Rossii [Economic Revival of Russia], no. 2, pp. 20–31.
4. Bodrunov S. D. 2015, *Kakaya industrializatsiya nuzhna Rossii?* [What industrialization does Russia need?]. Ekonomicheskoe vozrozhdenie Rossii [Economic Revival of Russia], no. 2, pp. 6–17.
5. Zhironkin S. A. 2015, *Tekhnologicheskie determinanty vykhoda ekonomiki Rossii iz strukturnoy desotsializatsii* [Technological determinants of Russia's economy withdrawal from the structural desocialization]. Zhurnal ekonomicheskoy teorii [Russian Journal of Economic Theory], no. 4, pp. 14–22.
6. Connolly R. 2011, Financial constraints on the modernization of the Russian economy. Eurasian Geography and Economy, vol. 52, no. 3, pp. 428–459.
7. Dushin A. V. 2013, *Novaya industrializatsiya i ekonomika znanii: osnovaniya razvitiya* [New industrialization and economy of knowledge: basis of development]. Izvestiya UGGU [News of the Ural State Mining University], no. 4, pp. 88–92.
8. Bodrunov S. D. 2014, *Proizvoditel'nost' truda i voprosy reindustrializatsii ekonomiki* [Labour productivity and questions of re-industrialization of the economy]. Materialy nauchnogo seminara Instituta novogo industrial'nogo razvitiya 27 iyunya 2014 goda «Reindustrializatsiya kak bazovoe napravlenie modernizatsii rossijskoy ekonomiki» [Materials of the scientific seminar of the Institute of New Industrial Development June 27, 2014 «Re-industrialization as the basic direction of modernization of the Russian economy】. Saint Petersburg, pp. 24–28.
9. Ignat'eva M. N., Kosolapov O. V. 2014, *Sushchnost' ponyatiya «ustoychivoe razvitiye»* [The essence of the concept of «sustainable development»]. Izvestiya vuzov. Gornyy zhurnal [News of the Higher Institutions. Mining Journal], no. 2, pp. 21–25.
10. Johnson E. 2015, Trends 2015. The national economy is taking off will our industry do the same? North. Logger and Timber Process, vol. 63, no. 7, pp. 18–20, 21–23.
11. Zhang Z. X. 2010, China in the transition to a low-carbon economy. Energy Policy, vol. 38, no. 11, pp. 6638–6653.
12. Sukharev O. S. 2015, *Institutsional'naya teoriya ekonomicheskogo rosta: osnovnye imperativy* [Institutional theory of economic growth: key imperatives]. Zhurnal ekonomicheskoy teorii [Russian Journal of Economic Theory], no. 3, pp. 185–202.
13. Pomel'nikov I. I. 2015, *Sostoyanie i perspektivy razvitiya zhelezorudnoy promyshlennosti v usloviyakh «medvezh'ego rynka»* [Status and prospects of development of the iron ore industry in conditions of «bear market»]. Gornaya promyshlennost' [Mining industry Journal], no. 5, pp. 18–22.
14. Chilimova T. A., Ivanitskiy V. P. 2015, *Deystvennost' otnosheniy gosudarstva i korporatsii v razvitiy innovatsionnoy ekonomiki* [Effectiveness of relations between the state and corporations in the development of innovative economy]. Vestnik Omskogo universiteta. Seriya «Ekonomika» [Herald of Omsk University. Series «Economics»], no. 3, pp. 296–301.
15. Mochalova L. A. 2013, *Innovatsionnyy instrumentariy upravleniya sotsio-ekologo-ekonomicheskoy ustoychivostyu promyshlennogo predpriyatiya* [Innovative management tools of socio-ecological-economic stability of industrial enterprise]. Vestnik UrFU. Seriya «Ekonomika i upravlenie» [Bulletin of Ural Federal University. Series Economics and Management], no. 2, pp. 95–105.
16. Gafurov S. Z. 2015, *Problema prognoziruemosti dolgosrochnykh tsen na neft'* [The problem of the predictability of long-term oil prices]. Ekonomicheskoe vozrozhdenie Rossii [Economic Revival of Russia], vol. 44, no. 2, pp. 89–93.
17. Shevchuk A. V. 2015, *Gosudarstvennaya ekologicheskaya politika na sovremennom etape razvitiya strany* [The State Environmental existent policies at the present stage of development of country]. Teoriya i praktika ekonomicheskogo regulirovaniya prirodopol'zovaniya i okhrany okruzhayushchey sredy: sbornik trudov 13-iy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii Rossiskogo obshchestva ekologicheskoy ekonomiki RSEE 2015 [Theory and practice of economic regulation of natural resources and the environment: Proceedings of the 13th International Scientific and Practical Conference of the Russian Society for Ecological Economics RSEE 2015]. Moscow, pp. 7–19.
18. Bobylev S. N., Zakharov V. M. 2012, «Zelenaya» ekonomika i modernizatsiya. Ekologo-ekonomicheskie osnovy ustoychivogo razvitiya. Effekt «dekaplina» [«Green» economy and modernization. Ecological and economic basis for sustainable development. The effect of «decoupling»]. Na puti k ustoychivomu razvitiyu Rossii [On the way to sustainable development of Russia], no. 60, pp. 62–65.

Людмила Анатольевна Мочалова,

Lyudmila.Mochalova@m.ursmu.ru

Уральский государственный горный университет

Россия, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

Lyudmila Anatol'evna Mochalova,

Lyudmila.Mochalova@m.ursmu.ru

Ural State Mining University

Ekaterinburg, Russia

ГОСУДАРСТВЕННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ТРАНСНАЦИОНАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЦЕПОЧЕК С УЧАСТИЕМ РОССИЙСКИХ КОМПАНИЙ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО КОМПЛЕКСА В РОССИЙСКОЙ АРКТИКЕ

Е. Н. Ветрова, Л. В. Лапочкина, Л. В. Минченко

State regulation of transnational technological chains involving russian companies of the mineral complex in the Russian Arctic

E. V. Vetrova, L. V. Lapochkina, L. V. Minchenko

The purpose of the article is to develop recommendations for improving national economic efficiency of realization of projects of the Arctic on the basis of conceptual proposals on state regulation of the region. Methodical research tools includes statistical and comparative analysis, system analysis, situational analysis of the market, forecasting techniques, methods of peer review. The article presents the research of the role of mining sector in the Russian economy and the proof of its raw material nature. Analysis of the global added value chains in the industry showed a low added value of Russian companies. Analysis of changes in the structure of the economy based on the advancing coefficients revealed no significant changes in the structure of the economy for the analyzed period. On this basis, the authors concluded that Russian industrial policy in general, and in the Arctic region, in particular is ineffective. The authors identified the problems of formation and implementation of the state industrial policy in the Arctic region, analyzed shortcomings of implemented at this stage state policy in the industrial sector of the Russian Federation. The authors also formulated the conceptual approaches to public policy change in the Arctic on the example of its European part. The basic idea consists of regulating the production chains in such a way as to increase the added value created by the Russian companies involved in the development of the Arctic. At the same time, another problem is solved – the development of the manufacturing industry in the southern regions of the Northwestern Federal District. The study also justifies the necessity of harmonization of the objectives of state regulation of technological chains and companies goals for criteria of improving of national economic efficiency.

Keywords: global chains; added value; Arctic; mineral raw resources; industrial policy; government regulation; technological chains; effective functioning; advancing coefficient.

В статье разработаны рекомендации по повышению народнохозяйственной эффективности реализации арктических проектов на основе концептуальных предложений по государственному регулированию региона. Методический инструментарий исследования включает статистический и сравнительный анализ, системный анализ, конъюнктурный анализ рынка, методы прогнозирования, методы экспертной оценки. В статье представлены исследования роли добывающего сектора в экономике России и доказан её сырьевой характер. Анализ глобальных цепочек добавленной стоимости в промышленности показал низкую добавленную стоимость российских компаний. Анализ изменений в структуре экономики на основе коэффициентов опережения не выявил значимых изменений в структуре экономики за анализируемый период, на этом основании авторами сделан вывод о неэффективности промышленной политики РФ в целом и в арктической зоне в частности. Авторами выявлены проблемы формирования и реализации государственной промышленной политики в Арктическом регионе, проанализированы недостатки реализуемой на данном этапе государственной политики в промышленном секторе РФ. Сформулированы концептуальные подходы к изменению государственной политики в Арктике на примере её Европейской части. Основная идея заключается в регулировании технологических цепочек таким образом, чтобы увеличить добавленную стоимость, создаваемую российскими компаниями, участвующими в освоении Арктики. При этом решается еще одна проблема – развитие обрабатывающей промышленности в южных регионах СЗФО. Кроме того, обоснована необходимость гармонизации целей государственного регулирования технологических цепочек и целей компаний по критерию повышения народнохозяйственной эффективности.

Ключевые слова: глобальные цепочки; добавленная стоимость; Арктика; минерально-сырьевые ресурсы; промышленная политика; государственное регулирование; технологические цепочки; эффективность функционирования; коэффициент опережения.

Введение

Рост глобальных цепочек добавленной стоимости в последние два десятилетия не только значительно изменил характер мировой экономики, но и оказал сильное влияние на отдельные страны. Положительное влияние глобальных цепочек достигается за счет мультипликационного эффекта от инвестиций в экономику. Вместе с тем существуют и отрицательные стороны развития глобальных цепочек, в частности, к ним относится вытеснение с национальных рынков предприятий-резидентов, что приводит к потерям добавленной стоимости для национальной экономики.

В последние годы сформировалось представление о российской Арктике как о национальной кладовой минерально-сырьевых ресурсов, среди которых, преобладают углеводороды. В связи с этим, актуальной становится проблема эффективного использования этих ресурсов. Сырьевая направленность российской экономики признана всеми, и государство предпринимает меры по изменению такого положения. Необходимо выяснить эффективность существующей промышленной

политики в отношении развития экономики РФ, чтобы своевременно скорректировать её в отношении арктической зоны.

Теория

Методология исследования основывается на научных трудах российских и зарубежных ученых в области мировой экономики и государственного регулирования. Так, для определения роли минерально-сырьевых ресурсов России в мировой и национальной экономике использована теория сравнительных преимуществ, в рамках которой используются показатели, предложенные, например, D. Greenway, C. Milner в 1993 г.

Следует отметить вклад и российских ученых. Так, в работе использованы отдельные теоретические и методологические положения М. Р. Сафиуллина, А. А. Сафиной [1], которые рассматривают производственно-технологическую цепочку применительно к добывающей и нефтехимической промышленности в Татарстане. Большую ценность представляют работы В. Б. Кондратьева, который систематизировал работы, касающиеся глобальных цепочек добавленной стоимости, и проводит сравнительные исследования в различных отраслях экономики применительно к разным странам [2]. Фрагментарное исследование проблемы функционирования глобальных цепочек рассматривается в ряде трудов в ракурсе управления конкурентоспособностью интегрированных компаний [3, 4].

Методология. Анализ эффективности российского участия в глобальных добывающей и обрабатывающей отраслях проведен с использованием концепции глобальных цепочек добавленной стоимости, получившей распространение с 1997 г. сначала в качестве концепции товарных цепочек, в которых акцент был сделан на логистические потоки, а затем, с начала 2000 г., – цепочек добавленной стоимости. В рамках последней определяются важнейшие факторы организации глобальных отраслей, предлагаются теоретическое обоснование и практические инструменты для анализа цепочек добавленной стоимости и различных типов управления ими [5].

Существуют различные подходы к анализу глобальных цепочек добавленной стоимости. В первую очередь, следует отметить использование ряда количественных показателей, из которых наибольшее распространение получили следующие:

– показатель вертикальной специализации (VS) [6]. Этот показатель строится на основе национальных межотраслевых балансов и был введен впервые D. Hummels, J. Ishi, K. M. Yi, а позже использовался в работах K. Backer, N. Yamano [7] и S. Miroudot, A. Ragoussis [8];

– показатель вертикальной специализации (VS1), представляющий собой долю экспортимемых товаров и услуг, используемых в качестве промежуточного импорта для производства экспортных товаров других стран, предложенный D. Hummels, J. Ishi, K. M. Yi [6];

Таблица 1. Анализ сравнительных преимуществ России по годам.

Показатель	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Экспорт, млрд руб.	103,1	241,5	467,6	301,7	397,0	516,7	524,7	526,4
Экспорт, минеральные продукты, млрд руб.	55,5	156,0	326,0	203,0	272,0	368,0	374,0	377,0
Импорт, млрд руб.	33,9	98,7	267,1	167,3	228,9	305,8	317,2	317,8
Импорт, минеральные продукты, млрд руб.	2,1	3,0	8,3	4,1	5,2	9,9	7,5	6,9
RSA ₁ , всего	0,5051	0,4198	0,2729	0,2866	0,2686	0,2564	0,2465	0,2471
RSA ₁ , минеральные продукты	0,9271	0,9623	0,9503	0,9604	0,9625	0,9476	0,9607	0,9641
RSA ₂ , минеральные продукты	0,0076	0,0022	0,0003	0,0010	0,0006	0,0002	0,0003	0,0003
VS, минеральные продукты	0,0204	0,0124	0,0178	0,0136	0,0131	0,0192	0,0143	0,0131
Протяженность для всех отраслей глобальной экономики	1,81	1,82	1,86	1,83	Н/д	Н/д	Н/д	Н/д
Протяженность цепочек в добывающей промышленности	1,8	1,6	1,5	1,6	Н/д	Н/д	Н/д	Н/д
Протяженность цепочек в обрабатывающей промышленности, минеральные продукты	1,8	1,9	2,0	2,1	Н/д	Н/д	Н/д	Н/д
Участие в глобальных цепочках добавленной стоимости, всего, %	38,8	49,3	51,0	44,9	Н/д	Н/д	Н/д	Н/д
Участие в глобальных цепочках добавленной стоимости, добывающая промышленность, %	8,4	18,5	17,8	17,5	Н/д	Н/д	Н/д	Н/д
Участие в глобальных цепочках добавленной стоимости в обрабатывающей промышленности, минеральные продукты, %	4,7	6,6	7,6	5,1	Н/д	Н/д	Н/д	Н/д

Примечание: показатель вертикальной интеграции VS – доля импортируемых товаров в совокупном экспорте страны.

– индекс участия в глобальных цепочках добавленной стоимости, рассчитываемый как доля иностранных промежуточных товаров и произведенных внутри страны промежуточных товаров, используемых в экспорте третьих стран (процент от валового экспорта страны – статистический показатель);

– протяженность цепочек, оцениваемая с помощью индекса, интерпретируемого как реальное число производственных стадий и вычисляемого на основе межотраслевых балансов: E. Dietzelnacher, I. Romero [9], T. Fally [10], P. Antras, D. Chor, T. Fally, R. Hillberry [11]. Минимальное значение индекса равно единице, когда для производства конечного продукта вообще не используются промежуточные товары или услуги;

– показатель расстояния до конечного спроса, свидетельствующий о числе производственных стадий, которые должны пройти продукт или услуга по пути к конечному потребителю, для отдельной отрасли и отдельной страны [10].

Кроме того, следует отметить методологию Р. Каплински и М. Морриса [12], ориентированную на получение экспертных оценок у широкого круга респондентов, находящихся как внутри цепочки, так и вне ее, позволяющих охарактеризовать схемы цепочки накопления стоимости, определить состав и роль ее участников, выявить резервы роста добавленной стоимости в условиях глобализации рынка.

Важность глобальных цепочек добавленной стоимости признается всеми участниками мирового рынка, и поэтому ОЭСР в кооперации с ВТО разработали методику оценки потоков торговли в показателях добавленной стоимости на основе межстрановых, межотраслевых балансов и полных матриц потоков двухсторонней торговли. Модель ICIO позволяет детально анализировать глобальные цепочки добавленной стоимости и транзакции между различными отраслями и странами по 37 отраслям глобальной экономики. Для уточнения роли минерально-сырьевых ресурсов России в национальной и мировой экономике проведены исследования с использованием теории сравнительных преимуществ (табл. 1). Индекс «выявленного сравнительного преимущества» с учетом экспорта и импорта данного товара, позволяющий определить сравнительные преимущества с учетом внутриотраслевой торговли (D. Greenway, C. Milner, 1993 г.):

$$RCA_1 = \frac{(X_{ij} - M_{ij})}{(X_{ij} + M_{ij})}, \quad (1)$$

где X – экспорт; M – импорт; i – исследуемая страна; j – товар (или отрасль промышленности).

Индекс сравнительных преимуществ, предложенный D. Greenway, C. Milner, основанный на равенстве Баласса:

$$RCA_2 = \frac{\left(\frac{X_{ij}}{X_{it}}\right)}{\left(\frac{M_{ij}}{M_{it}}\right)} = \frac{\left(\frac{X_{ij}}{M_{ij}}\right)}{\left(\frac{X_{it}}{M_{it}}\right)}, \quad (2)$$

где t – группа товаров (или отрасль промышленности).

Проблемы освоения и развития Арктики рассматриваются в научной литературе достаточно активно, но вместе с тем в большинстве случаев они касаются отдельных аспектов: экологических, технических, социальных, экономических и др. В частности, следует отметить работы авторов данной статьи, исследующие проблемы региональной экономики и промышленной политики [13–16]. Вместе с тем комплексных исследований особенностей и состояния освоения Арктической зоны с позиции участия в этих процессах глобальных цепочек государственно-регулирования этих процессов с позиции народнохозяйственной эффективности авторами не выявлено.

Анализ глобальных цепочек добавленной стоимости в Арктике представляет интерес с точки зрения методологии, поскольку:

– в условиях санкций существует ряд проблем, связанных с участием отдельных стран и компаний, попавших под эти санкции, что ставит ряд проектов под угрозу срыва и определяет одним из направлений решения проблемы пересмотр состава участников с точки зрения снижения рисков, величины добавленной стоимости и народнохозяйственной эффективности;

– в глобальных арктических цепочках участвуют компании разных стран, и существуют определенные сложности объективного подсчета результатов их участия, а следовательно, и анализа добавленной стоимости по странам-участникам и видам деятельности; кроме того, статистические данные в разных странах обрабатываются различным образом и существуют определенные проблемы сопоставления этих результатов, в большей степени это касается добавленной стоимости в отдельных регионах, например в Арктике; при этом арктическая зона России, формально ограниченная определенными территориями, объектом статистики РФ будет только с 2015 г.

Модель

Логика построения модели народнохозяйственной эффективности арктических проектов предполагает наличие цели, достижение которой эта модель позволяет оценить. В общем случае народнохозяйственная эффективность определяется сопоставлением получаемого эффекта к затратам в масштабах народного хозяйства и в показателях, принятых для характеристики его функционирования. В качестве такого эффекта могут выступать прирост валового национального продукта, прирост добавленной стоимости, рост поступлений в бюджет и другие эффекты, в том числе социального характера, например создание новых рабочих мест. В качестве затрат, в оценке народнохозяйственной эффективности, можно учитывать, как прямые государственные инвестиции, так и затраты, связанные с использованием косвенных методов государственного регулирования, например налоговые льготы, наличие которых означает потери поступлений в бюджет.

Таким образом, наличие вариативности эффектов и затрат, направленных на их достижение, позволяет говорить о целесообразности построения многокритериальной модели народнохозяйственной эффективности арктических проектов. В качестве ограничений в этой модели будут выступать достижение сравнительных преимуществ и внутрихозяйственная эффективность субъектов, участвующих в проектах освоения Арктики, т. е. участников цепочек добавленной стоимости. Пусть $\{X\}$ – вектор множества решений, связанных с государственным регулированием технологических цепочек в реализации арктических проектов. Тогда $\{K(X)\}$ – векторный критерий эффективности, определяемый по формуле:

Таблица 2. Динамика развития добывающих и обрабатывающих отраслей промышленности по годам.

Показатель	2010	2011	2012	2013
Валовая добавленная стоимость (добыча полезных ископаемых), %	34,00	35,70	37,50	37,30
Валовая добавленная стоимость (обрабатывающие производства), %	52,50	51,80	50,80	51,10
Коэффициент опережения добывающих отраслей	0,96	0,97	0,98	1,01
Коэффициент опережения обрабатывающих отраслей	0,97	0,96	1,07	1,08
Коэффициент опережения добычи сырой нефти и природного газа по промышленности	0,95	0,96	0,97	1,01
Коэффициент опережения добычи сырой нефти и природного газа по добывающей промышленности	0,99	0,99	1,00	1,00
Коэффициент опережения производства кокса и нефтепродуктов по добывающей промышленности	1,02	1,02	1,02	1,01

Примечание: коэффициент опережения рассчитывается как отношение темпов роста отдельных видов деятельности (отрасли) $T_{\text{отр}}$ к темпу роста группы видов деятельности (всей промышленности) $T_{\text{пром}}$.

$$K(X) = \left\{ K_1(X_1), K_2(X_2), K_3(X_3) \dots K_n(X_n) \right\},$$

где $K_n(X_n)$ – частные критерии эффективности.

В качестве ограничений такой модели примем:

- рост сравнительных преимуществ (формулы (1), (2));
- рост внутрихозяйственной эффективности;
- положительную динамику коэффициентов опережения в промышленности (табл. 2).

В рамках данной работы не ставится целью расчет частных показателей народнохозяйственной эффективности. Задача исследования сводится к оценке ограничений данной модели, которые позволяют идентифицировать существующие недостатки в системе государственного регулирования технологическими цепочками при реализации арктических проектов.

Полученные результаты

Для расчета показателей использованы данные официальной статистики РФ¹. Результаты исследований свидетельствуют о превышении сравнительных преимуществ по минеральным продуктам по сравнению со всем объемом внешнеэкономической деятельности РФ, что достигается за счет преобладания экспортной составляющей над импортом. Анализ участия РФ в глобальных цепочках выполнен по данным международной статистики². Результаты (табл. 1) отражают низкий уровень вертикальной интеграции (VS), относительно низкий вклад добывающих (8,6–18,5 %) и обрабатывающих (3,6–7,6 % по минеральным продуктам) предприятий РФ в добавленную стоимость, создаваемую глобальными цепочками в анализируемом периоде. Протяженность цепочек в добывающей промышленности несколько превышает их среднемировой уровень в этой отрасли (1,5), который традиционно является минимальным [2].

Полученные результаты доказывают сырьевый характер внешнеэкономической деятельности, уточняют факт того, что сравнительные преимущества по минеральным продуктам достигнуты в основном за счет экспорта ресурсов, степень вертикальной интеграции низкая. Это позволяет утверждать, что такие сравнительные преимущества носят тактический характер и не обеспечивают конкурентоспособность экономики России на мировом рынке в стратегической перспективе, поскольку, во-первых, минерально-сырьевые ресурсы ограничены, а во-вторых, ограничена добавленная стоимость, создаваемая российскими компаниями в этом секторе экономики, а следовательно, и народнохозяйственная эффективность.

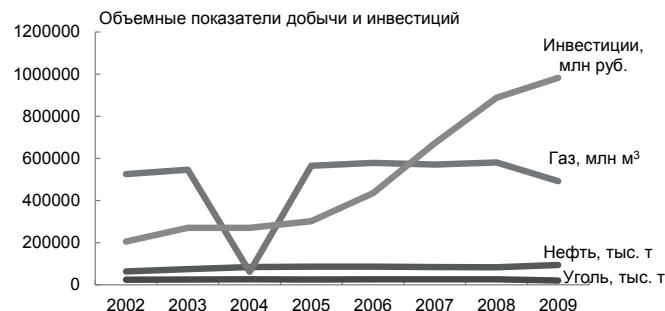


Рисунок 1. Динамика инвестиций и добычи основных ресурсов в Арктике / Figure 1. The dynamics of investment and production of basic resources in the Arctic.

Анализ динамики инвестиций в Арктическую зону и добычи основных ее ресурсов показал практически отсутствие корреляции капитальных вложений и их отдачи, что означает неэффективность вложений (рис. 1).

По мнению авторов, одной из главных причин такой ситуации является неэффективная промышленная политика в отношении использования минерально-сырьевых ресурсов в РФ, в том числе и в Арктической зоне. В качестве дополнительных аргументов приведем результаты анализа: удельного веса добавленной стоимости в различных секторах экономики (табл. 2), коэффициента опережения отраслей промышленности (табл. 2) и прогноза индекса участия российских компаний в глобальных цепочках (рис. 2).

Полученные результаты позволяют констатировать, что добавленная стоимость добывающих отраслей составляет более 30 %, что и подтверждает сырьевой характер экономики. Сравнительная динамика по коэффициентам опережения показывает отсутствие явных изменений в структуре экономики. Следовательно, государственная промышленная политика не влияет на экономическое развитие РФ, что доказывает ее неэффективность. Кроме того, на основе имеющихся данных (до 2009 г.) авторами выполнена аппроксимация изменения индекса участия российских компаний в глобальных цепочках добавленной стоимости (рис. 2), которая показывает, что в текущем периоде возможно было достижение его роста до 2,5 (с высокой точностью) при условии эффективной государственной промышленной политики.

Таким образом, российская экономика, несмотря на все усилия государства, остается преимущественно сырьевой, поэтому в числе других причин Арктика, континентальный шельф которой, по оценкам Минэкономразвития России РФ, при благоприятных условиях способен обеспечить к 2025 г. до 25 % общероссийской добычи нефти и до 30 % – добычи газа [17], является привлекательной для освоения. В современных условиях политической и социально-экономической нестабильности использование природных ресурсов арктического шельфа раскрывает новые возможности для обеспечения экономического развития страны. Уникальный ресурсный потенциал российской Арктики усиливает geopolитические позиции России в мировом сообществе, способствует ее интеграции в мировое хозяйство и получению определенных выгод для национальной экономики. Вместе с тем инвестиции в развитие Арктической зоны не дают на современном этапе должной отдачи. Проблема, по мнению авторов, кроется в том, что на российских арктических территориях берут начало транснациональные технологические цепочки, охватывающие практически весь технологический цикл от добычи, освоения и использования углеводородов, при этом российское участие, с позиций, формируемой в их пределах добавленной стоимости, незначительно. Такая ситуация нуждается в корректировке.

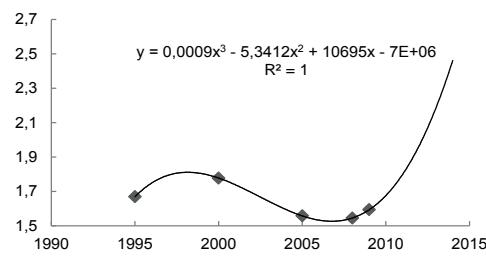


Рисунок 2. Изменение индекса участия российских компаний в глобальных цепочках / Figure 2. Change of the index of Russian companies in global supply chains.

¹ Федеральная служба государственной статистики. URL: <http://www.gks.ru>

² OECD. State Extracts. Complete databases available via OECD's Library. URL: http://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=TIVA_OEC

Таблица 3. Энергоёмкость ВВП и ВРП.

Регион	Энергоёмкость	Относительная энергоёмкость, рассчитанная по ВВП	Относительная энергоёмкость, рассчитанная по ВРП
Северо-Западный федеральный округ	226,97	1,7226	1,4056
Республика Карелия	252,65	1,9200	1,5647
Республика Коми	206,10	1,5600	1,2764
Архангельская область	189,33	1,4400	1,1725
Вологодская область	591,20	4,4900	3,6614
Калининградская область	106,16	0,8100	0,6575
Ленинградская область	257,96	1,9600	1,5976
Мурманская область	235,80	1,7900	1,4603
Новгородская область	178,97	1,3600	1,1084
Псковская область	175,96	1,3400	1,0897
Санкт-Петербург	75,51	0,5700	0,4676

Сложилось положение, при котором деятельность крупнейших российских добывающих компаний, выступающих звенями транснациональных технологических цепочек, является основным источником пополнения доходной части государственного бюджета. В результате неrationально используются невостребованные ресурсы – национальное достояние. Поэтому необходимо усилить государственное регулирование процессами организации и развития технологических цепочек, определив в качестве критериев общенациональные интересы. Это означает, что следует использовать методологию оценки народнохозяйственной эффективности функционирования технологических цепочек, предлагающую сопоставление всех получаемых эффектов, в том числе и косвенных, социально-экономических, экологических и других с обусловившими их затратами.

Основы государственной политики в Арктической зоне Российской Федерации отражены в Постановлении Правительства РФ от 21.04.2014 № 366 (ред. от 17.12.2014) «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации на период до 2020 года» и в стратегии развития Арктической зоны РФ и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 г. В этих документах определены приоритеты и цели государственной политики в Арктике, степень участия субъектов РФ и государственных корпораций, акционерных обществ с государственным участием, общественных, научных и иных организаций. Тем не менее, критический анализ государственной программы развития Арктики позволил выделить следующие проблемы.

Во-первых, целостная система государственного регулирования Арктической территории отсутствует, а значит её объект и субъект не вполне очевидны. Справедливо ради следует отметить создание правительственный комиссии по Арктике, функции и полномочия которой – в процессе определения, идентификации центра управления арктическими проектами и формирование программы развития Арктической зоны. Во-вторых, незаслуженно мало внимания, по мнению авторов, уделяется такой важной проблеме, как эффективное использование российских арктических ресурсов в качестве исходного сырья для развития страны, ее регионов, главным образом расположенных в более южных районах, имеющих лучшие условия для жизнедеятельности и развития обрабатывающей промышленности. Другими словами, российские арктические минерально-сырьевые ресурсы следует рассматривать как базу модернизации и качественного роста национальной экономики, средства для решения крупных проблем, связанных с обеспечением экономической самодостаточности регионов страны.

Идея обеспечения глубокой переработки российских арктических углеводородных ресурсов заложена в национальном проекте «Российский Северо-Запад – экономически самодостаточный макрорегион» [16], в рамках которого предполагается создание в субъектах федерации, находящихся в пределах Северо-Западного федерального округа, крупных высокотехнологичных предприятий, ориентированных на глубокую переработку арктических углеводородных ресурсов, выпуск конкурентоспособной на внешних рынках, в том числе импортозамещающей продукции, что обусловлено, в первую очередь, соображениями национальной экономической безопасности, реализации общей установки на импортозамещение. Кроме того, что не менее важно, такие предприятия могут выступить в качестве драйверов (полюсов) экономического развития регионов – места их дислокации, реально запустить процессы структурной перестройки их экономики. По существу, речь идет о переформировании (полном или частичном) сложившихся транснациональных технологических цепочек, в основу которого следует положить не только

выгоды отечественных ресурсодобывающих корпораций, но и национальные интересы; причем решения в рассматриваемой сфере следует принимать на основе критерия народнохозяйственной эффективности намечаемых преобразований, её государственного аудита [16].

Для обоснования мест дислокации предлагаемых к созданию перерабатывающих предприятий авторами выполнены исследования, которые по критерию возможности (наличие производственных мощностей и опыта) и энергоемкости ВВП и ВРП (табл. 3) показывают целесообразность размещения перерабатывающих предприятий в Новгородской и Псковской областях.

Главным условием реализации такого замысла является наличие политической воли, усиление государственного регулирования в рассматриваемой сфере, проведение национально ориентированной, экономической политики, в которой должны быть четко определены интересы и намерения государства по эффективному использованию арктических сырьевых ресурсов. Такая политика должна способствовать достижению и (или) повышению экономической самодостаточности индустриальных регионов страны.

Путем проведения эффективной государственной экономической политики в Арктической зоне и на Северо-Западе России может быть активизирована деятельность отечественных перерабатывающих промышленных предприятий и региональных администраций по формированию стратегий создания полностью (или преимущественно) с российским участием технологических цепочек глубокой переработки арктических углеводородных ресурсов. Объектом такой политики выступают транснациональные технологические цепочки предприятий минерально-сырьевого сектора с российским участием. В этой ситуации актуализируется практически не исследованная сегодня проблема повышения народнохозяйственной эффективности от участия российских компаний в технологических цепочках, поскольку доля добавленной стоимости, создаваемой в рамках таких цепочек, зависит от звена, в котором задействованы производительные силы того или иного государства, но еще более – от соотношения политических сил и противодействия экономических интересов на мировом рынке [18].

Что касается субъектов такой политики, то очевидно, что на эту роль не подходят администрации регионов – субъектов РФ в силу того, что, во-первых, решение проблем организации и регулирования деятельности рассматриваемых технологических цепочек осуществляется в экономическом пространстве, значительно выходящем за границы отдельных субъектов РФ. Во-вторых, деятельность транснациональных технологических цепочек, проходящих по территории ряда субъектов РФ, практически никак не регулируется региональными администрациями, экономические интересы которых зачастую состоят в конкурентной борьбе с другими регионами за федеральные бюджетные трансферты, но не за повышение эффективности деятельности таких цепочек с народнохозяйственных позиций.

На рис. 3 представлена концептуальная структура системы государственного регулирования с субъектом (на федеральном, региональном и местном уровнях), центром, который планируется передовать по принципу системы управления Европейским союзом, и объектом, деятельность которого может проходить в различных субъектах РФ и других государств и фактически на местном уровне управления.

Для нормального функционирования такой системы требуется гармонизация интересов субъектов и объектов государственного регулирования, которые отражены в схеме в виде целей. Эти цели в большинстве случаев противоречивы, поскольку отражают интересы и намерения различных властных и бизнес-структур (государства, субъекта

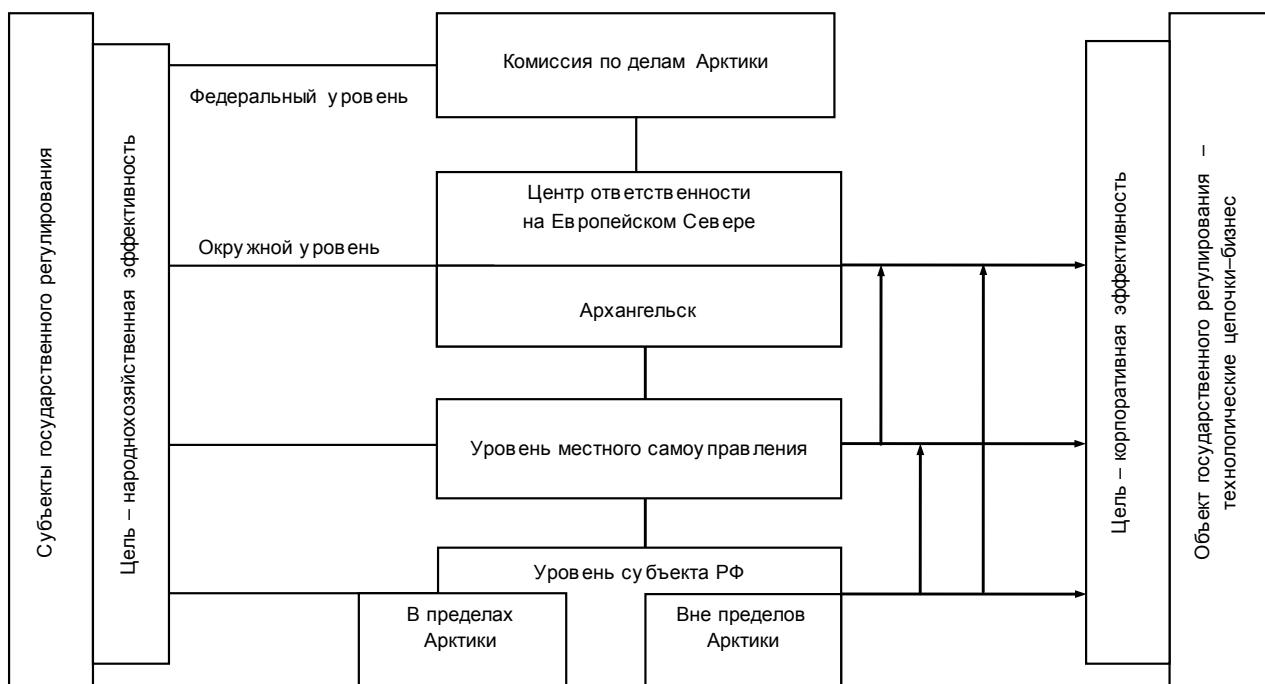


Рисунок 3. Концепция системы государственного регулирования технологических цепочек на Европейском Севере Арктического региона / Figure 3. The concept of system of state regulation of production chains in the European North of the Arctic Region.

федерации, органов местного самоуправления, предприятий). Если определить гармонизацию целей как достижение взаимного согласия всех субъектов и объектов государственного регулирования на основе учета их взаимных интересов и намерений, при котором цели понятны и приняты всеми субъектами и объектами, не вызывают противодействия, воспринимаются ими как собственные и все действия направлены на реализацию общих целей, то в этом случае гармонизация целей позволяет добиться функционального равновесия интересов субъектов и объектов, обеспечить ту степень их сбалансированности между собой, которая в конечном итоге позволяет функционировать и развиваться в заданных направлениях. Этим гарантируется устойчивый статус всех субъектов и объектов, преодолеваются возможные противоречия в их действиях.

Достигаемое в результате гармонизации сближение интересов и позиций ведет к снятию напряженности, позволяет устраниТЬ противоречия и обеспечить реализацию главной цели государственной политики – повышение народнохозяйственной эффективности деятельности технологических цепочек. Таким образом, достигнутый уровень гармонизации намерений и интересов субъектов и объектов государственной политики является главным критерием выстраивания ее приоритетов при регулировании технологических цепочек в арктических проектах.

Заключение

На основании проведенных исследований можно сформулировать следующие выводы и предложения.

В целом эффект от функционирования технологических цепочек отмечается подавляющим большинством исследователей. Вместе с тем народнохозяйственная эффективность зависит в большей степени от числа национальных участников глобальных цепочек. Технологическая цепочка формируется как для тактической цели – для получения дополнительной прибыли ее участниками, так и для стратегических, таких как реализация масштабных проектов развития национальной экономики, формирование интегрированных систем регионального управления, развитие технологической цепочки, что соответствует условиям и требованиям освоения углеводородного потенциала Арктики. Государство может и должно играть в формировании технологических цепочек значимую роль: от активного участника до субъекта формирования производственной (например, транспортной) инфраструктуры, способствующей формированию устойчивых глобальных цепочек с российским участием на территории государства (региона) и вне ее. Авторы не согласны с тем, что государственное регулирование таких цепочек является диспаритетным, поскольку не учитывает интересы субъектов [1], и считают, что интересы объектов и субъектов необходимо гармонизировать, что и отмечается в докладе ОСЭР, ВТО и ЮНКТАД для Саммита лидеров стран G-20 в Санкт-Петербурге по последствиям глобальных цепочек создания стоимости (2013 г.) [19, 20].

В качестве предложений по изменению государственного регулирования участия российских компаний в глобальных арктических цепочках на Северо-Западе предлагается концепция системы государственного регулирования технологических цепочек на Европейском Севере Арктического региона с определением ее центра. Основной целью создания такого центра является координация участников арктических проектов на Северо-Западе – государства, бизнес-структур, науки и образования в целях гармонизации их интересов по критерию народнохозяйственной эффективности.

ЛИТЕРАТУРА

- Сафиуллин М. Р., Сафина А. А. Построение и экономическая оценка производственно-технологических цепочек (на примере нефтегазохимического комплекса Республики Татарстан). Казань: Казан. ун-т, 2013. 148 с.
- Кондратьев В. Б. Глобальные цепочки добавленной стоимости в современной экономике // Сетевое издание центра исследований и аналитики фонда исторического наследия «Перспективы». URL: http://www.perspektivy.info/okumenta/ekdom/globalnye_serekhki_dobavlennoj_stoimosti_v Sovremennoj ekonomike_2014-03-17.htm
- Ветрова Е. Н., Викторова Е. В., Уважаев А. Н. Стратегическое управление отраслью в глобальной экономике // Записки Горного института. 2013. Т. 201. С. 15–21.
- Пономаренко Т. В., Ларичкин Ф. Д. Модель стратегического управления конкурентоспособностью интегрированной компании // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2011. № 6. С. 131–139.
- Bair J. Global capitalism and commodity chains: looking back, going forward // Competition and Change. 2005. Vol. 9, №. 2. P. 153–180; Gereffi G., Humphrey J., Sturgeon T. The governance of global value chains // Review of International Political Economy. 2005. Vol. 12. № 1. P. 78–104.
- Hummels D., Ishii J., Koh K. M. The nature and growth of vertical specialization in world trade. Journal of International Economics. 2001. Vol. 54. No 1. pp. 75–96.
- Backer K., Yamano N. The measurement of globalization using international input-output tables. STI Working Paper 2008/8, OECD Publishing, Paris.
- Miroudot S., Ragoussis A. Vertical trade, trade costs and FDI // OECD Trade Policy Working Papers. 2009. № 89. 47 p.
- Dietzelnbacher E., Romero I. Production chains in an interregional framework: identification by means of average propagations lengths // International Regional Science Review. 2007. № 30. P. 362–83.
- Fally T. Production staging: measurement and facts. Colorado: University of Colorado, 2012. 60 p.
- Antras P., Chor D., Fally T., Hillberry R. Measuring the upstreamness of production and trade flows // American Economic Review. 2012. Vol. 102, № 3. P. 412–416.
- Каплински Р., Моррис М. Руководство по проведению исследования цепочек накопления стоимости: пер. с англ. М.: ГУ ВШЭ, 2004.
- Ветрова Е. Н., Лапочкина Л. В., Рохчин В. Е. О целях промышленного развития экономического пространства региона и целях региональной промышленной политики // Комплексные научные исследования и сотрудничество в

Арктике: взаимодействие вузов с академическими и отраслевыми научными организациями: материалы Всерос. конф. с международным. Архангельск: ИД САФУ, 2015. С. 64–68.

14. Ветрова Е. Н., Рохчин В. Е., Лапочкина Л. В. Концептуальный подход к решению проблем государственного регулирования транснациональных технологических цепочек с российским участием в Европейской части российской Арктики // Комплексные научные исследования и сотрудничество в Арктике: взаимодействие вузов с академическими и отраслевыми научными организациями: материалы Всерос. конф. с международн. участием. Архангельск: ИД САФУ, 2015. С. 60–64.
15. Карпик А. Е., Рохчин В. Е., Полтавцев А. В. Развитие северо-западных индустриальных регионов России на основе государственного регулирования углубленной переработки ресурсов российской Арктики // Экономические науки. 2013. № 12 (109). С. 7–12.
16. Рохчин В. Е., Ротенберг Р. Б. Освоение арктических энергетических ресурсов как основа развития индустриальных регионов в пределах Северо-Западного федерального округа // Экономика и управление. 2014. № 5 (103). С. 19–25.
17. Авдеева Е. Н., Бабкина Л. И., Барашева Т. И. Стратегические вызовы и экономические факторы морской политики в Российской Арктике. Апатиты: КНЦ РАН, 2011. 84 с.
18. Гаранина О. Л., Максимцев И. А. Российско-европейские экономические отношения: стратегические партнерство и энергетические противоречия. СПб.: СПбГПУ, 2012. 230 с.
19. Последствия глобальных цепочек создания стоимости для торговли, инвестиций и занятости / ОЭСР, ВТО, ЮНКТАД. 06 августа 2013 года. Составлен для Саммита лидеров стран G-20 в Санкт-Петербурге (Российская Федерация) в сентябре 2013 г.
20. Ветрова Е. Н., Лапочкина Л. В., Рохчин В. Е. Разработка целей региональной промышленной политики и их гармонизация с целями экономического развития: методологические аспекты // Научный журнал НИУ ИТМО. Сер. «Экономика и экологический менеджмент». 2015. № 2. С. 143–152.

REFERENCES

1. Safiullin M. R., Safina A. A. 2013, *Postroenie i ekonomicheskaya otsenka proizvodstvenno-tehnologicheskikh tsepochelek (na primere neftegazokhimicheskogo kompleksa Respubliki Tatarstan)* [Design and economic evaluation of production and technological chains (oil and gas chemical complex of the Republic of Tatarstan)], Kazan', 148 p.
2. Kondrat'ev V. B. *Global'nye tsepochki dobavlennoy stiomosti v sovremennoy ekonomike. Setevoe izdanie tsentra issledovaniy i analitiki fonda istoricheskogo naslediya «Perspektivy»* [Global value chain in the modern economy. Network edition of the Center of Research and analysis of historical heritage fund "Perspectives"]. Available at: http://www.perspektiv.info/oykumena/ekdom/globalnye_tsepochki_dobavlennoj_stiomosti_v_sovremennoj_ekonomike_2014-03-17.htm
3. Vetrova E. N., Viktorova E. V., Uvazhaev A. N. 2013, *Strategicheskoe upravlenie otrashyu v global'noy ekonomike* [Strategic management of industry in the global economy]. Zapiski Gornogo instituta [Proceedings of the Mining Institute], vol. 201, pp. 15–21.
4. Ponomarenko T. V., Larichkin F. D. 2011, *Model' strategicheskogo upravleniya konkurentosposobnostyu integrirovannoy kompanii* [Model of strategic management of competitiveness of the integrated company]. *Ekonomicheskie i sotsial'nye peremeny: fakty, tendentsii, prognoz* [Economic and social changes: facts, trends, forecast], no. 6, pp. 131–139.
5. Bair J. 2005, Global Capitalism and commodity chains: Looking back, going forward. Competition and Change, vol. 9, no. 2, pp. 153–180; Gereffi G., Humphrey J., Sturgeon T. The Governance of global value chains. Review of International Political Economy, vol. 12, no. 1, pp. 78–104.
6. Hummels D., Ishii J., Yi K. M. 2001, The nature and growth of vertical specialization in world trade. Journal of International Economics, vol. 54, no. 1, pp. 75–96.
7. Backer K., Yamano N. 2009, The measurement of globalization using international input-output tables, Paris.
8. Miroudot S., Ragoussis A. 2009, Vertical Trade, Trade Costs and FDI. OECD Trade Policy Working Papers, no. 89. 47 p.
9. Dietzelnbacher E., Romero I. 2007, Production Chains in an Interregional Framework: Identification by Means of Average Propagation Lengths, International Regional Science Review, no. 30, pp. 362–83.
10. Fally T. 2012, Production Staging: Measurement and Facts. 60 p.
11. Antras P., Chor D., Fally T., Hillberry R. 2012, Measuring the Upstreamness of Production and Trade Flows. American Economic Review, vol. 102, no. 3, pp. 412–416.
12. Kaplinski R., Morris M. 2004, *Rukovodstvo po provedeniyu issledovaniya tsepochelek nakopleniya stiomosti* [Guidelines for research of the cost accumulation chains], Moscow.
13. Vetrova E. N., Lapochkina L. V., Rokhchin V. E. 2015, *O tselyakh promyshlennogo razvitiya ekonomiceskogo prostranstva regiona i tselyakh regional'noy promyshlennoy politiki* [On the purposes of industrial development and economic space in the region for regional industrial policy]. *Kompleksnye nauchnye issledovaniya i sotrudnichestvo v Arkte: vzaimodeystvie vuzov s akademicheskimi i otrasslevymi nauchnymi organizatsiyami: materialy Vserossiyskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem* [Complex research and cooperation in the Arctic: the interaction of universities with academic and industrial research organizations: Materials of All-Russian conference with international participation.], Arkhangelsk, pp. 64–68.
14. Vetrova E. N., Rokhchin V. E., Lapochkina L. V. 2015, *Konceptual'nyy podkhod k resheniyu problem gosudarstvennogo regulirovaniya transnational'nykh tekhnologicheskikh tsepochelek s rossijskim uchastiem v Evropeyskoy chasti rossijskoy Arkte* [The conceptual approach to solving the problems of state regulation of transnational production chains with Russian participation in the European part of the Russian Arctic]. *Kompleksnye nauchnye issledovaniya i sotrudnichestvo v Arkte: vzaimodeystvie vuzov s akademicheskimi i otrasslevymi nauchnymi organizatsiyami: materialy Vserossiyskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem* [Complex research and cooperation in the Arctic: the interaction of universities with academic and industrial research organizations: Materials of All-Russian conference with international participation.], Arkhangelsk, pp. 60–64.
15. Karlik A. E., Rokhchin V. E., Poltavtsev A. V. 2013, *Razvitiye severo-zapadnykh industrial'nykh regionov Rossii na osnove gosudarstvennogo regulirovaniya ugublennoy pererabotki resursov rossijskoy Arkte* [The development of the north-western industrial regions of Russia on the basis of state regulation of deep processing of the Russian Arctic resources]. *Ekonomichekie nauki* [Economic sciences], vol. 109, no. 12, pp. 7–12.
16. Rokhchin V. E., Rotenberg R. B. 2014, *Osvoenie arkticheskikh energeticheskikh resursov kak osnova razvitiya industrial'nykh regionov v predelakh Severo-Zapadnogo federal'nogo okruga* [The development of Arctic energy resources as a basis for the development of industrial areas within the North-West Federal District]. *Ekonomika i upravlenie* [Economics and Management], vol. 103, no. 5. P. 19–25.
17. 2011, *Strategicheskie vyzovy i ekonomicheskie faktory morskoy politiki v rossijskoy Arkte* [Strategic challenges and economic factors maritime policy in the Russian Arctic], Apatity, 84 p.
18. Garanina O. L., Maksimtsev I. A. 2012, *Rossiysko-evropeyskie ekonomicheskie otnosheniya: strategicheskie partnerstvo i energeticheskie protivorechiya* [Russian-European economic relations: a strategic partnership and energy conflicts], St. Petersburg, 230 p.
19. Posledstviya global'nykh tsepochelek sozdaniya stiomosti dla torgovli, investitsii i zanyatosti. Sostavlen dlya Sammita liderov stran G-20 v Sankt-Peterburge (Rossiyskaya Federatsiya) v sentyabre 2013 goda. OESR, VTO, YUNKTAD. 06 avgusta 2013 goda [The consequences of global value chains for trade, investment and employment. Prepared for the Summit of the leaders of the G-20 in St. Petersburg (Russian Federation) in September of 2013. OECD, WTO and UNCTAD. August 6, 2013].
20. Vetrova E. N., Lapochkina L. V., Rokhchin V. E. 2015, *Razrabotka tseley regional'noy promyshlennoy politiki i ikh garmonizatsiya s tselyami ekonomicheskogo razvitiya: metodologicheskie aspekty* [The development of objectives of regional industrial policies and their harmonization with the goals of economic development: methodological aspects]. *Nauchny zhurnal NIUTMO. Seriya «Ekonomika i ekologicheskiy menedzhment»* [Scientific journal NRU ITMO, Series "Economics and Environmental Management"], no. 2, pp. 143–152.

Елена Николаевна Ветрова,
vetrovaelenik@gmail.com

Людмила Викторовна Лапочкина,
Северный (Арктический) федеральный университет,
гуманитарный институт Северодвинского филиала
Россия, Санкт-Петербург, ул. Садовая, 21

Лидия Викторовна Минченко,
Санкт-Петербургский национальный исследовательский
университет информационных технологий, механики и оптики
Россия, Санкт-Петербург, Кронверкский пр-т, 49

Elena Nikolaevna Vetrova,
vetrovaelenik@gmail.com

Lyudmila Viktorovna Lapochkina,
Northern (Arctic) Federal University
Saint Petersburg, Russia

Lidiya Viktorovna Minchenko,
University of Information Technologies,
Mechanics and Optics
Saint Petersburg, Russia

ЗЕМЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ АРКТИЧЕСКИХ РАЙОНОВ: ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

В. Г. Логинов, В. В. Балашенко, О. С. Брянцева

Land resources of the Arctic regions: economic assessment and use

V. G. Loginov, V. V. Balashenko, O. S. Bryantseva

Economic evaluation of land resources is urgent and, presently, an unsolved problem. In modern conditions, economic evaluation of natural resources is one of the priority tasks of the state strategy of nature management. The development of market relations in our country largely contributed to actualization of economic assessment, and this predetermined the presence of the monetary valuation of natural resource potential. State cadastral valuation of land resources in the country, ongoing for two decades, is the basis for the calculation of land taxes for certain categories of lands. The article presents the concept of economic valuation of natural resources. The object of evaluation are the land resources of the Ural areas of the Yamal-Nenets Autonomous District – the most important area of development of reindeer herding, not only in the region, but also in the country. The authors performed a retrospective analysis of the status of the land fund of the examined territory, which shows a significant potential for the development of pastures of reindeers. This article describes the influence of increasing population of reindeer herds on the state of pastures and their degradation due to overgrazing. Author's recommendations on economic evaluation suggest its implementation on the basis of a productive approach that ensures comparability of payments and an increase of the reliability of obtained results. The proposed methodological approach of estimating the land resources allows taking into account the specific features of the Arctic territories.

The article contains a specific calculation of the economic evaluation of land resources of the Ural regions. However, this approach accurately reflects the situation upon condition of keeping balance between the number of animals' population and pasture resources. Using the proposed methodological approach allows to perform a valuation assessment of reindeer pasture areas, which differs by the degree of animal load per area unit.

Keywords: land resources; Arctic regions; economic evaluation; reindeer pastures; deer capacity.

Экономическая оценка земельных ресурсов остается актуальной и пока еще нерешенной проблемой. В современных условиях экономическая оценка природных ресурсов рассматривается в числе приоритетных задач государственной стратегии природопользования. Актуализация экономической оценки во многом способствовало развитие рыночных отношений в России, предопределивших наличие стоимостной оценки природно-ресурсного потенциала. Государственная кадастровая оценка земельных ресурсов в стране, продолжающаяся уже второе десятилетие, является базой для исчисления земельного налога для отдельных категорий земель. В статье дается понятие экономической оценки природных ресурсов. Объектом оценки являются земельные ресурсы приуральских районов Ямalo-Ненецкого автономного округа – важнейшего ареала развития оленеводства не только в регионе, но и в стране. Выполненный ретроспективный анализ состояния земельного фонда рассматриваемой территории свидетельствует о значительном потенциале пастбищных угодий для развития оленеводства. Показано влияние растущей численности поголовья оленей на состояние пастбищ и их деградацию в результате перевыпаса. Авторские рекомендации в отношении экономической оценки предполагают ее выполнение на основе результативного подхода, что обеспечивает сопоставимость расчетов и повышение достоверности полученных результатов. Предлагаемый методический подход по оценке земельных ресурсов позволяет учесть специфические особенности арктических территорий. В статье выполнен конкретный расчет экономической оценки земельных ресурсов приуральских районов. Однако данный подход адекватно отражает ситуации при условии соблюдения баланса между численностью поголовья животных и пастбищными ресурсами. Использование предложенного методического подхода позволяет выполнить стоимостную оценку пастбищ оленеводческих районов, отличающихся по степени нагрузки животных на единицу площаи.

Ключевые слова: земельные ресурсы; арктические районы; экономическая оценка; олени пастбища; оленеёмкость.

B ведение

Оценка природных ресурсов обеспечивает учет реальных возможностей организации производства и сбыта продукции на внутреннем и мировом рынках на сырьевом базе имеющихся природных ресурсов территории, района. Под экономической оценкой природных ресурсов понимается выявление их ценности в процессе общественного производства (обычно в стоимостном измерении). Экономическая оценка используется для определения макро- и микроэкономической стратегии эксплуатации и воспроизводства природных ресурсов, определения показателей, характеризующих взаимодействие природы и общества. Одной из важнейших задач экономической оценки является определение материального ущерба, наносимого обществу при изъятии из хозяйственного оборота природных богатств (оценка ущерба от затопления земель при строительстве водохранилищ, от изъятия земель для гражданского строительства и т. п.). Необходима она и при расчете

эффективности природоохранных мероприятий, которая может быть определена путем сопоставления затрат на эти мероприятия с ликвидируемым ущербом или возмещаемыми потерями. Экономическая оценка лежит в основе платности природопользования, создающей материальную заинтересованность предприятий в рациональном использовании ресурсов природы, совершенствовании технологических процессов за счет сокращения выбрасываемых в окружающую среду отходов.

При оценке земельных участков используются различные методы. Все эти методы, в свою очередь, подразделяются на довольно большое число приемов, технологий расчета и других методов, определяемых целями оценки, объектами оценки, а также наличием исходной информации. Их количество и классификация определяются не только устоявшимися принципами оценки, но и авторскими новациями. Анализ существующих методических подходов к оценке природных ресурсов имеется в многих литературных источниках [1, 2].

Методические подходы

Экономическая оценка природных ресурсов предусматривает наличие большого объема исходной информации. Для систематизации сведений о природно-ресурсном потенциале в Российской Федерации с начала 2000-х гг. проводятся кадастровые работы, при выполнении которых проблемным остается вопрос формирования информационной базы для определения достоверной экономической оценки природных ресурсов. Составление кадастра требует наличия данных инвентаризации природных ресурсов, отражающих количество, качество, динамику запасов и изменений в процессе эксплуатации различных видов природных ресурсов. Огромная территория Арктики обуславливает значительные проблемы в сборе подобной информации, в силу чего система кадастров имеет ряд недостатков:

- в кадастрах собрана информация не обо всех природных ресурсах;
- ведомственный характер информации о природных ресурсах;
- не определен порядок использования ведомственной информации;
- показатели отдельных кадастров трудно сопоставимы по содержанию;
- при оценке природных ресурсов недостаточно учитывается экологический фактор;
- в большинстве отраслевых кадастров отсутствуют показатели, позволяющие оценивать эффект от использования природных ресурсов.

При оценке возобновляемых природных ресурсов исходная натуральная информация собирается при дешифровке аэро- и космических фотоснимков: данные проектов организаций и ведения лесного хозяйства (таксационные описания и карты-схемы лесных кварталов); результаты обследований запасов дикоросов, учета охотничьих животных; данные по рыбным запасам и балльной оценке земельных ресурсов. Информация весьма разнородная по источникам ее получения, требу-

Таблица 1. Распределение земель приуральских районов по категориям на 1 января 2013 г., га.

Территория	Всего	Категория земель					
		сельскохозяйственного назначения	населенных пунктов	промышленности и др.*	лесного фонда	водного фонда	запаса
Салехардское ГО	84 542	32 268	1928	650	—	—	49 696
Лабытнангское ГО	17 456	—	2300	1382	—	—	13 774
Шурышкарский МР	547 4091	632 370	11 199	560	4 168 516	88 050	573 396
Приуральский МР	6 497 129	3 231 695	10 885	7742	2 743 359	65 500	437 915
<i>Итого</i>	12 073 218	3 896 333	26 312	10 334	6 911 875	153 550	1 074 781
Удельный вес, %	100,0	32,3	0,2	0,1	57,2	1,3	8,9

*Земли промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики, земли для обеспечения космической деятельности, земли обороны, безопасности и земли иного специального назначения.

ющая больших трудозатрат, зачастую неполная. Второй специфический фактор – существенные различия естественно-географических условий, оказывающих влияние на характер хозяйственной освоенности и интенсивности природопользования. В частности, при движении с юга на север выделяются природно-хозяйственные рубежи (северные и южные границы) ведения товарного сельского хозяйства, товарного лесопользования (лесозаготовок), товарного северного оленеводства. Еще одним из специфических факторов использования и оценки природных ресурсов является их пространственная ограниченность, в связи с чем для обеспечения воспроизводства природных ресурсов изъятию подлежит только хозяйственная часть запаса.

В российской экономической науке, а также практике сложилось несколько основных методических подходов к оценке природных ресурсов [3]:

- затратный подход и его модификации;
- рентный подход;
- смешанные модификации затратного и рентного подходов;
- доходный подход;
- метод сравнительной оценки;
- нормативный метод.

В арктических природно-сельскохозяйственных зонах со специфическими условиями землепользования система платежей за земельные ресурсы, построенная на принципах их рентной оценки или по уровню затрат на природоохранные мероприятия, не будет способствовать реализации основных экономических и экологических требований к землепользованию ввиду крайне низких показателей дифференциальной ренты, а также низкой эффективности добавочных капиталовложений в связи с улучшением земель и осуществлением природоохранных мероприятий (в большинстве методик по оценке земель лежат затраты на восстановление сельскохозяйственных угодий в случае их отторжения на другие цели (промышленное и транспортное строительство, разработка полезных ископаемых). Если исходить из предлагаемых нормативов стоимости освоения новых земель взамен изымаемых, то в северных условиях затраты на освоение аналогичных земель в силу удороажающих региональных факторов будут в несколько раз выше. Поэтому необходимо учитывать потенциальную продуктивность земель так же, как потенциальную продуктивность других возобновляемых природных ресурсов.

Объект экономической оценки

Объектом оценки является потенциал земельных ресурсов при-

уральских районов Ямalo-Ненецкого автономного округа. В административном отношении в состав рассматриваемой территории (общий площадью 120,7 тыс. км², в том числе 25 тыс. км² – горы и предгорья) входят Шурышкарский и Приуральский муниципальные районы (МР) с Салехардским и Лабытнангским городскими образованиями (ГО), расположенные в низовье р. Обь.

Распределение земель муниципальных образований (МО) по категориям¹ представлено в табл. 1.

В структуре земель по категориям подавляющее большинство составляют земли сельскохозяйственного назначения и лесного фонда, соответственно 32,3 и 57,2 %. Значительный удельный вес земель сельскохозяйственного назначения объясняется отнесением к ним тундровых и северо-таежных оленевых пастищ, которые в структуре других земель относят к землям вторичного использования. Более половины площади оленевых пастищ (56,8 %) располагается на землях лесного фонда, в Шурышкарском МР этот показатель составляет 74 %, в Приуральском МР – 45 %.

Земельные угодья [4] являются другим основным элементом государственного учета, они выделяются в рамках отдельных категорий земель. К ним относятся земли, используемые или пригодные к использованию для конкретных хозяйственных целей. Они подразделяются на сельскохозяйственные и несельскохозяйственные угодья.

Для структуры земельных угодий арктических территорий характерна низкая доля сельскохозяйственных угодий по сравнению со средними показателями по стране и особенно с южными и центральными территориями. При этом они представлены в основном пастищами и сенокосами при незначительной доле в них пашни. В структуре земельных угодий региона наиболее ценными являются лесные, болотные, водные угодья (табл. 2).

Территория отличается высокой степенью обводнённости (6,2 %) и заболоченности (30,8 %). Помимо выделенных в структуре земельных угодий заболоченными являются участки с лесными насаждениями, тундровой растительностью и другими землями, что делает непроходимыми значительные части территории в теплый период и ограничивает связанную с этим сезонность работ, проводимых на открытом воздухе. Особенностью это характерно для низменных частей территории.

Кроме традиционного учета земель по категориям и угодьям, в настоящее время, когда земля может находиться в различных формах

Таблица 2. Структура земельных угодий приуральских районов на 1 января 2013 г., га.

Территория	Общая площадь	Сельскохозяйственные угодья	Лесные площади	ДКР*	Под водой	Болота	Тундровая растительность**	Оленевые пастища
Приуральская территория***	6 599 127	42 466	1 388 867	780 583	462 336	1 996 642	1 468 223	5 105 129
Шурышкарский МР	5 474 091	129 222	2 732 656	1 946 448	288 807	1 723 152	193 615	3 406 442
<i>Итого</i>	12 073 218	171 688	4 121 586	994 065	751 143	3 714 963	1 661 838	8 511 571
Удельный вес, %	100,0	1,4	34,1	8,2	6,2	30,8	13,8	70,5
Всего по ЯНАО	76 925 050	200 665	20 169 959	4 380 356	13 482 359	13 047 375	22 932 215	48 966 500
Удельный вес, %	100,0	0,26	26,2	5,7	17,5	17,0	29,8	63,7

*ДКР – древесно-кустарниковая растительность, не входящая в лесной фонд; **земельные участки тундровой растительности, не вошедшие в другие угодья;

***муниципальный район вместе с городами Салехард и Лабытнанги, расположенными в его пределах.

¹ Ст. 7 Земельного кодекса выделяет 7 категорий земель. Критерием их разграничения является различное целевое назначение, в соответствии с которым они используются. Земли могут использоваться в качестве средства производства (земли сельскохозяйственного назначения и земли лесного фонда), либо как территориальный базис, куда относятся остальные категории земель.

Таблица 3. Динамика поголовья оленей на конец года, голов.

Показатель	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Хозяйства всех категорий	119 022	124 389	129 549	141 742	148 526	16 2561	158 280	168 475
Сельскохозяйственные организации	45 226	49 463	49 987	59 218	63 064	63 069	55 037	55 618
Хозяйства населения	73 796	74 926	79 562	82 524	85 462	99 492	103 243	112 857
Удельный вес, %	62,0	60,2	61,4	58,2	57,5	61,2	65,2	67,0
Всего по ЯНАО	651 000	659 600	665 200	683 269	703 818	739 000	671 500	730 000
Удельный вес, % ПР	18,3	18,8	19,5	20,7	21,1	22,0	23,6	23,1

Рассчитано по данным Ямалстата и Базы данных показателей муниципальных образований Федеральной службы государственной статистики.

Справочно: в 1990 г. поголовье составляло 105,1; в 1995 г. – 104,4; в 2000 г. – 64,8 тыс. голов.

Таблица 4. Изменение оленеёмкости пастбищ и поголовья оленей на 1 января по годам.

Район	Площадь пастбищ, тыс. га		Оленеёмкость пастбища, голов		Поголовье оленей, голов		Количество оленей больше (+) или меньше (-) оленеёмкости пастбищ, голов	
	1963	2012	1963	2012	1963	2012	1963	2012
Шурышкарский МР	4887,6	3406,4	29 300	24 043	27 700	22 514	-1600	-1529
Приуральский МР	4512,4	5105,1	40 100	45 367	58 800	10 2675	+18 700	+57 308
Итого	9400,0	8511,5	69 400	69 410	86 500	124 829	+17 100	+55 429

Рассчитано по источникам [5].

собственности, идет процесс разграничения государственной собственности на землю. Учет осуществляется по категориям и формам собственности.

Земля является ресурсом многоцелевого использования. В Арктике наибольшую значимость имеют олени пастбища, занимающие почти две трети территории приуральских районов. Они являются кормовой базой важнейшей отрасли традиционного природопользования – оленеводства.

Оленеводство

Оптимальная оленеёмкость по данным источника [6] составляет для Шурышкарского района 35,4 тыс. голов, для Приуральского – 56,2 тыс. голов, что корреспондирует с нашими расчетами. Оленеводство остается самой этически сберегающей отраслью коренных малочисленных народов Севера (КМНС). Его развитие способствует наличие здесь достаточного количества кормовых ресурсов (летних горных и зимних в равнинной таежной части пастбищ) и исторически сложившаяся специализация традиционного хозяйствования малочисленных народов. В приуральских районах оленеводство имеет горно-таежное и горно-тундровое направления: в холодный период олени пасутся в тайге или в тундровой зоне, летом в горах Полярного Урала или в тундровом приморье, что позволяет уберечь стада от гнуса, который значительно усложняет жизнь животных в теплый период года.

По сравнению с советским периодом снизилось общее поголовье животных в общественных хозяйствах Шурышкарского района при незначительном росте частных. Практически неизменным оно оказалось у оленеводов Салехардского ГО. Общее увеличение поголовья оленей (1,6 раза) было обеспечено его ростом в тундровой части территории (Приуральский МР), где оно в 2015 г. по сравнению с 1990 г. выросло в 2,3 раза, главным образом в результате резкого увеличения (в 3,2 раза) их в хозяйствах населения (частного сектора) (табл. 3).

Важнейшей территорией развития традиционного хозяйствования является Приуральский МР. Большая часть земельных угодий этого района (85 %) закреплена за сельскохозяйственными предприятиями. Всё это обусловило широкое развитие оленеводства.

В связи с ростом поголовья оленей в окруже возникла проблема перевыпаса пастбищ. Выпас оленей стал ведущим антропогенным фактором. Падение продуктивности и снижение кормовой ценности пастбищ характерно для всех сезонов. Однако зимние пастбища страдают в меньшей степени, поскольку снежный покров уменьшает вытаптывание. В настоящее время высокие пастбищные нагрузки сочетаются с технологенным воздействием.

Динамика изменения оленеёмкости пастбищ и поголовья оленей в приуральских районах представлена в табл. 4.

Если в Шурышкарском МР оленеёмкость пастбищ не превышена, то в Приуральском МР поголовье оленей превышало ее в 2,3 раза (2012 г.), а в 2015 г. уже в 2,8 раза. Данный показатель еще выше (3,2 раза), если учитывать поголовье оленей Салехардского и Лабытнангского городских образований, которое выпасается на территории Приуральского района (19,1 тыс. голов).

Усложнение структуры землепользования, увеличение скорости

трансформации растительного покрова в результате интенсивного выпаса и промышленного освоения создают опасность потери пастбищного потенциала территории, а значит, требуется объективная его оценка и контроль состояния. Особое значение нормирование и контроль использования ресурсов приобретают в связи с изменением форм собственности и характера природопользования. Главной проблемой остается реально существующее несоответствие поголовья оленей и кормовых ресурсов.

Проблема перевыпаса обуславливает деградацию оленевых пастбищ в связи со слабой восстанавливаемостью лишайникового покрова – необходимой составляющей пастбищ. Кроме того, площадь пастбищ уменьшается при строительстве промышленных объектов, в первую очередь при освоении нефтегазовых месторождений.

В зависимости от наличия тех или иных видов кормовых растений состав кормов олена может меняться от района к району больше, чем по сезонам года. Главную роль при определении пригодности типа леса или нелесной площади для выпаса играют два фактора – наличие достаточного процента лишайниковых растений в напочвенном покрове (30–80 % рациона олена в зависимости от сезона и района выпаса составляют напочвенные лишайники) и доступность кормов в снежный период (продолжительность снежного периода принята 152 дня, доступность кормов – в зависимости от типа пастбища – 40–90 %) [7].

Пример расчета экономической оценки земельных ресурсов

Комплекс земельных ресурсов, сформировавшийся на определенной территории, является частью ее природно-ресурсного потенциала. Для предварительной оценки земель как средств производства на северных территориях предлагается выделять три категории:

– земли, пригодные преимущественно под пашню, сенокосы и пастбища (сельскохозяйственного назначения);

– земли, пригодные под олени пастбища (земли вторичного использования на других категориях земель (лесного фонда, земель запаса) и самостоятельная категория земель сельскохозяйственного назначения в тундровой зоне);

– земли, непригодные под сельскохозяйственные угодья (несельскохозяйственного назначения).

Оценка земель, пригодных преимущественно под пашню, сенокосы и пастбища (O_3), производится по формуле:

$$O_3 = (\Pi_y \cdot Z_y) \cdot \Pi_{y,p} \cdot P_n$$

где Π_y – стоимость продукции с 1 га сельскохозяйственных угодий, руб./га; Z_y – затраты на 1 га сельскохозяйственных угодий, руб./га; $\Pi_{y,p}$ – годовой выход продукции с 1 га сельскохозяйственных угодий, руб.; P_n – площадь оцениваемого участка сельскохозяйственных угодий, га.

Стоимость продукции с 1 га сельскохозяйственных угодий принимается в средних ценах реализации последнего года, сложившихся в природно-экономическом районе. Продукция кормовых культур в стоимостном выражении оценивается по цене одного центнера кормовых единиц фуражного зерна. Цена фуражного зерна принимается на уровне

² Сборник федеральных нормативных правовых актов и нормативных правовых актов Ямало-Ненецкого автономного округа в области гарантий и прав коренных малочисленных народов Севера. Изд. 2-е. Салехард, 2010. 170 с.

75 % от средней реализационной цены всего объема товарного зерна по России. Таким образом, цена на продукцию кормовых культур, сенокосов и пастищ определяется исходя из содержания кормовых единиц в продукции кормовых культур и в зерне, умноженного на коэффициент 0,75. Затраты на 1 га сельскохозяйственных угодий (по сельскохозяйственным культурам и сенокосам) принимаются по затратам на 1 га сельскохозяйственных угодий по району за последний год. Затраты на 1 га пастищ принимаются на уровне 20 % от затрат на 1 га сенокосов³. Годовой выход продукции с 1 га сельскохозяйственных угодий принимается по средней фактической урожайности основных сельскохозяйственных культур и сенокосов в районе за 5 последних лет.

Информация об урожайности и затратах по району принимается согласно соответствующим статистическим сборникам за рассматриваемые годы (годовые отчеты административных районов, форма № 9 АПК).

Олени пастища являются частью земель и лесного фонда и земель сельскохозяйственного назначения. Их оценка осуществляется на основе продукции, которая может быть получена с этих пастищ. Оценка производится по формуле:

$$O_3 = (\Pi_o - Z_o) \cdot \Pi_{on} \cdot P_n, \quad (1)$$

где Π_o – стоимость продукции оленеводства, руб./ шт.; Z_o – затраты на производство продукции оленеводства, руб./ шт.; Π_{on} – годовой выход оленей в качестве продукции с 1 га пастищ (количество голов с учетом отхода зависит от доступности кормов, обеспеченности водоемом и др.), шт.; P_n – площадь оленевых пастищ (существует 6 типов пастищ, к которым сезонно движется производственное стадо, поэтому вся площадь одновременно не используется), га.

Главной сельскохозяйственной отраслью на территории остается оленеводство. В настоящее время проблемой для оленеводства Ямала является реально существующее несоответствие поголовья оленей и кормовых ресурсов (перевыпас).

Для конкретного расчета принимаются следующие исходные данные:

- стоимость продукции оленеводства 13 800 руб./шт.⁴ (данные ОАО «Салехардагро» и МОП «Ярсалинское»);
- затраты на производство продукции оленеводства – 11 700 руб./шт.;
- годовой выход оленей в качестве продукции с 1 га пастищ – 0,0038 голов (в годовом выходе учитываются снижение эффективности использования пастищ вследствие движения поголовья оленей производственного стада по пастищным сезонам года, качество пастищ (доступность кормов, условия отдыха оленей, защита от неблагоприятных погодных условий, обеспеченность водоемом). В настоящее время фактический годовой выход продукции больше, что привело к «перевыпасу» (вытаптыванию пастищ) и, соответственно, к деградации, вплоть до опустынивания земель;
- площадь используемых оленевых пастищ (внутрирайонная и за пределами района) – 8 511 571 га.

По формуле (1) определяется экономическая оценка природного ресурса: $O_3 = 67 922$ тыс. руб.

При перевыпасе так же, как и при изъятии или временном занятии земельных участков под промышленное освоение, имеют место экономические потери, обусловленные сокращением и безвозвратной потерей оленевых пастищ, повлекшие выбытие этих земель из оборота системы традиционного хозяйства. Данные потери должны возмещаться в целях сохранения среди обитания коренных малочисленных народов и оленеводства в размерах затрат на восстановление этих земельных площадей до их первоначальной стоимости. Оценка этих потерь при изъятии производится на основании экономической оценки ресурсов оленевых пастищ.

Заключение

Экстенсивный характер хозяйственной деятельности обуславливается

низкую доходность оленеводческих хозяйств и низкую экономическую оценку используемых земельных (пастищных) ресурсов. Это связано с несбалансированностью цены и затрат; низким уровнем переработки сырья; высокими транспортными расходами для доставки продукции потребителю. В связи с этим для повышения доходности необходимо создание предприятий глубокой переработки продукции оленеводства.

С эколого-экономической точки зрения необходимо принятие нормативно-правовых документов, в частности, методики по определению ущерба оленем пастищам за причиненный вред.

Предложенный методический подход вполне применим и при расчете потери оленеводства от порчи и уничтожения пастищ вследствие их перегрузки, т. е. от неправильного использования пастищных угодий самими коренными малочисленными народами Севера. Но в данном случае это этическая проблема – менталитет коренных этносов. Вследствие этого возникает двойной стандарт «свой» и «чужой»: что запрещено чужому, то можно своему.

Статья подготовлена при финансовой поддержке гранта РНФ № 14-18-00456 «Обоснование геоэкоциоэкономического подхода к освоению стратегического природно-ресурсного потенциала северных малоизученных территорий в рамках инвестиционного проекта «Арктика–Центральная Азия».

ЛИТЕРАТУРА

1. Гусев А. А. Об экономической оценке природных ресурсов // Экономика природопользования. 2005. № 5. С. 99–103.
2. Лукин Ю. Н. Развитие экономических методов землепользования в России // Вестник ЧелГУ. Экономика. 2007. № 19 (97). Вып. 12. С. 91–96.
3. Балашенко В. В., Игнатьева М. Н., Логинов В. Г. Природно-ресурсный потенциал северных районов: методические особенности комплексной оценки // Экономика региона. 2015. № 4. С. 84–94.
4. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2009 г. М.: Федер. служба гос. регистрации, кадастра и картографии, 2010. С. 5.
5. Ямало-Ненецкий национальный округ (экономико-географическая характеристика). М.: Наука, 1965. 276 с.
6. Лесной план Ямало-Ненецкого автономного округа. Кн. 1. Салехард, 2015. 350 с.
7. Лесохозяйственный регламент Ямальского лесничества Ямало-Ненецкого автономного округа. Салехард, 2011. С. 85–87.

REFERENCES

1. Gusev A. A. 2005, *Ob ekonomicheskoy otsenke prirodnykh resursov* [On the economic evaluation of natural resources], *Ekonomika prirodopol'zovaniya* [Environmental economics], no. 5, pp. 99–103.
2. Lukin Yu. N. 2007, *Razvitiye ekonomicheskikh metodov zemlepol'zovaniya v Rossii* [Development of economic land management practices in Russia]. *Vestnik Chelyabinskogo gos. un-ta. Ekonomika* [Bulletin of the Chelyabinsk State University. Economics], vol. 12, no. 19, pp. 91–96.
3. Balashenko V. V., Ignat'eva M. N., Loginov V. G. 2015, *Prirodno-resursnyy potentsial severnykh rayonov: metodicheskie osobennosti kompleksnoy otsenki* [Natural resource potential of northern regions: methodological features of integrated assessment]. *Ekonomika regiona* [Economy of region], no. 4, pp. 84–94.
4. 2010, *Gosudarstvennyy (natsional'nyy) doklad o sostoyanii i ispol'zovanii zemel' v Rossiyskoy Federatsii v 2009 godu* [State (National) report on the status and use of land in the Russian Federation in 2009], Moscow, p. 5.
5. 1965, *Yamalo-Nenetskiy natsional'nyy okrug* (ekonomiko-geograficheskaya Kharakteristika) [Yamalo-Nenets Autonomous District (economic and geographic characteristics)], Moscow, 276 p.
6. 2015, *Lesnoy plan Yamalo-Nenetskogo avtonomnogo okruga. Kniga 1* [Forest conception of Yamal-Nenets Autonomous District], Salekhard, 350 p.
7. 2011, *Lesokhozyaystvennyy reglament Yamal'skogo lesnichestva Yamalo-Nenetskogo avtonomnogo okruga* [Forest management regulations of Yamal forestry of Yamal-Nenets Autonomous District], Salekhard, pp. 85–87.

Владимир Григорьевич Логинов,
log-wg@rambler.ru
Валерий Васильевич Балашенко,
Ольга Сергеевна Брянцева,
Институт экономики УРО РАН
Россия, Екатеринбург, ул. Московская, 29

Vladimir Grigoryevich Loginov,
log-wg@rambler.ru
Valeriy Vasil'evich Balashenko,
Olga Sergeevna Bryantseva,
Institute of Economics of the Ural Branch of the RAS
Ekaterinburg, Russia

³ Постановление Правительства РФ от 08.04.2000 № 316 (ред. от 30.06.2010) «Об утверждении Правил проведения государственной кадастровой оценки земель».

⁴ Переработка эндокринно-ферментного сырья по сравнению с переработкой мяса позволит увеличить прибыль оленеводческих предприятий в 50 раз (экспертная оценка) (подпрограмма № 1 Программы развития АПК ЯНАО на 2014–2020 гг.).

История горного дела на Урале

История Уральского отделения Российского минералогического общества Ю. В. Ерохин, Ю. А. Поленов, А. Г. Шорин

От редакции

Уральское отделение Всесоюзного (потом Всероссийского, а сейчас Российского) минералогического общества было создано в 1948 году в стенах Свердловского горного института. На протяжении долгой, почти 70-летней истории Уральское отделение временами возвращалось в свою альма-матер и практически всегда руководилось выпускниками нашего вуза. В связи с этим редакция считает необходимым опубликовать данную рукопись в историческом разделе журнала. Кроме того, в ближайшее время (19 января 2017 г.) исполнится 200 лет со дня учреждения Российского минералогического общества.

В конце 1948 г. в Свердловске (ныне г. Екатеринбург) было организовано первое отделение Всесоюзного минералогического общества (ВМО). Возникновение Уральского филиала было важно во многих отношениях и прежде всего в том, что оно организационно объединило большую группу исследователей (в том числе многих молодых геологов) разнообразных и богатых недр Урала. Организация филиала ВМО на Урале стала новой страницей в деятельности общества и явилась толчком для создания подобных отделений в других частях страны [1].

Нельзя думать, что создание Уральского отделения произошло на пустом месте, к 1948 г. в нашем городе уже существовали научные сообщества и учреждения в области наук о Земле. Так, в 1825 г. горным начальством по указанию царского правительства были открыты горные общества в разных городах Урала, в том числе и в Екатеринбурге. Они были обязаны готовить материалы для «Горного журнала», издававшегося в Санкт-Петербурге. Однако деятельность этих обществ продолжалась недолго [2].

Наиболее заметной общественной организацией являлось Уральское общество любителей естествознания (УОЛЕ), которое среди различных научных направлений занималось и науками о Земле. Оно было создано в 1870 г. и просуществовало до 1929 г., когда было закрыто советскими властями. УОЛЕ было создано по инициативе О. Е. Клерера, преподавателя французского языка при мужской гимназии, где первое время и существовало общество. За время существования УОЛЕ в его рядах состояло более 2500 членов, была создана библиотека, выпускался научный журнал «Записки УОЛЕ» (в период 1873–1927 гг. вышло 40 томов) [2]. Кроме того, общество организовало музей, который существует и сейчас как Свердловский областной краеведческий музей. Некоторые члены УОЛЕ позднее перешли в Уральское отделение ВМО (К. К. Матвеев, М. О. Клер и др.).

В 1914 г. царским указом был основан Екатеринбургский горный институт, ныне Уральский государственный горный университет. В 1918–1923 гг. К. К. Матвеев организовал в институте кафедру минералогии и при ней Минералогический музей, который послужил основой для создания в 1937 г. отдела минералогии в организовавшемся в то вре-

мя Уральском геологическом музее [3]. В 1920 г. в Екатеринбурге был сформирован Уральский горный комитет. Немного позднее, в 1932 г., был организован Уральский филиал Академии наук СССР [4]. В 1939 г. в Свердловске был организован Горно-геологический институт Уральского филиала АН СССР (ныне Институт геологии и геохимии УрО РАН), а непосредственно перед открытием отделения в 1948 г. была организована Свердловская комплексная экспедиция (ныне Уральская геолого-съемочная экспедиция).

Немаловажным фактором для создания Уральского отделения ВМО послужил трагический период для нашей страны, вызванный нападением фашистской Германии. На начальном этапе войны в Свердловск были эвакуированы Президиум АН СССР и многочисленные научные учреждения, в том числе и геологические институты. В феврале 1942 г. сюда же перевезли ученого секретаря ВМО, известного минералога Д. П. Григорьева, в крайне истощенном состоянии его приютила и выходила семья Г. Н. Вертушкова. Остальное руководство ВМО было разбросано по территории СССР и выполняло геологические работы для нужд фронта и страны. Немного окрепнув, Д. П. Григорьев активно занялся делами общества, и к концу 1942 г. был снова наложен выпуск научного журнала «Записки ВМО» благодаря активной помощи со стороны академиков В. А. Обручева и А. Е. Ферсмана. Более подробно о работе Общества на протяжении 1942 г. можно узнать в известной статье Д. П. Григорьева [5]. Тогда же, в конце 1942 г., начались совместные заседания собрания общества с Объединенным геологическим кружком при Геологическом музее Свердловского горного института. В конце 1944 г. штаб-квартира ВМО вернулась в родной для себя Санкт-Петербург (тогда Ленинград), а журнал «Записки ВМО» продолжал печататься на уральской земле еще в течение 1945 г.

Таким образом, к 1948 г. в Свердловске сложились все предпосылки к созданию Уральского отделения ВМО. В городе имелись крупные учебные, производственные и научные геологические организации, находился мощный кадровый состав специалистов-геологов, и все еще жило воспоминание, что совсем недавно, в годы войны, Свердловск был центром научной мысли СССР.

Итак, 19 ноября 1948 г. по инициативе доктора геолого-минерало-

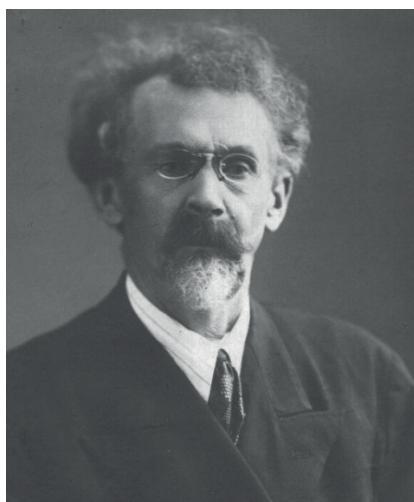


Фото 1. К. К. Матвеев



Фото 2. Г. Н. Вертушков



Фото 3. Л. Н. Овчинников



Фото 4. Б. В. Чесноков



Фото 5. П. Я. Ярош



Фото 6. В. И. Якишин

тических наук К. К. Матвеева (фото 1) было создано Уральское отделение ВМО. В первый Совет УрО ВМО были избраны: К. К. Матвеев (председатель), Л. Н. Овчинников (зам. председателя), Е. З. Бурьянова (ученый секретарь), А. Н. Игумнов (казначай), С. А. Вахромеев, А. А. Иванов, М. И. Меркулов. При Уральском отделении создавались специальные комиссии для решения отдельных вопросов. К примеру, в 1949 г. была организована комиссия по драгоценным и поделочным камням: А. Н. Игумнов (председатель), Р. Б. Рубель (секретарь), К. К. Матвеев, А. Н. Кузнецов, А. К. Шарова. В 1950 г. была создана метеоритная комиссия: К. К. Матвеев (председатель), И. А. Юдин (секретарь), М. О. Клер, Ю. Н. Фелицин, Л. А. Федоров. В 1954 г. Уральским отделением была организована выставка уральских камней, рассчитанная на архитекторов, скульпторов и камнерезов [1].

В декабре 1954 г. К. К. Матвеев скоропостижно скончался, и в 1955 г. были избраны новый Председатель УрО РМО доктор геолого-минералогических наук Г. Н. Вертушков (фото 2) и ученый секретарь И. А. Юдин (табл. 1). В 1964 г. Григорий Николаевич Вертушков сложил свои полномочия Председателя, при этом в последний год его председательства (с 1963 по 1964 г.) обязанности ученого секретаря отделения исполнял Ю. А. Соколов. С 1965 г. Председателем УрО ВМО был избран член-корреспондент АН СССР и директор ИГГ УФАН СССР Л. Н. Овчинников (фото 3). К сожалению, Лев Николаевич практически сразу (уже в 1966 г.) был переведен в Москву, где его назначили директором ИМГРЭ АН СССР [6]. Ведать делами отделения остались зам. председателя Б. В. Чесноков и ученый секретарь Г. Н. Старцев (табл. 1).

В целом подробные сведения о работе Уральского отделения и список сделанных докладов на заседаниях УрО ВМО за период 1949–1966 гг. приведены в известной аналитической работе [1]. До 1967 г. на заседаниях отделения предметом обсуждения были не только результаты исследований разнообразных минералов, горных пород и руд отдельных районов, но и Урала в целом, а также ряд общих вопросов, касающихся отмеченных объектов. Активность Уральского отделения проявилась и в издательской деятельности. До 1966 г. совместно с Уральским филиалом АН СССР издано шесть сборников научных статей. Деятельность Уральского отделения ВМО принимала и другие формы. Для членов УрО ВМО с целью ознакомления с различными минерало-петрографическими объектами и попутным обсуждением спорных вопросов организовывались экскурсии. Состоялись экскурсии на Елизаветинское месторождение железных руд, Шабровское месторождение талькового камня, Мурзинку и другие объекты [1].

Вплоть до 1970 г. Л. Н. Овчинников числился Председателем УрО ВМО и все отчеты отделения, представленные в Президиум ВМО, были подписаны его заместителем кандидатом геолого-минералогических наук Б. В. Чесноковым (фото 4). В 1971 г. Уральское отделение провело перевыборы, и Борис Валентинович был избран новым Председателем УрО ВМО [7], при этом Г. Н. Старцев продолжал оставаться ученым секретарем (табл. 1). В 1976 г. Борис Валентинович покинул свой пост (в 1978 г. он переехал работать в Ильменский государственный заповедник, Миасс), и Уральское отделение провело новые выборы руководства. Новым Председателем УрО ВМО был избран временно исполняющий обязанности директора ИГГ УНЦ АН СССР доктор геолого-минералогических наук П. Я. Ярош (фото 5), а ученым секретарем – В. И. Кайнин (табл. 1). За время работы данного руководства в Президиум ВМО было доставлено только два годовых отчета (за 6 лет), поэтому оценить успехи и достижения тогдашнего Уральского отделения крайне затруд-

нительно. В результате в 1982 г. прошли выборы нового руководства, и Председателем УрО ВМО был избран доктор геолого-минералогических наук В. И. Якишин (фото 6), а ученым секретарем – Н. А. Григорьев (табл. 1). Николай Алексеевич как секретарь проработал небольшой период в 1982–1984 гг., и позднее был переизбран на Г. Н. Алексеева, который пробыл на посту ученого секретаря с 1984 по 1987 г.

В целом деятельность Уральского отделения ВМО с 1966 по 1986 г. оценить достаточно сложно. С одной стороны, работа отделения проводилась и временами даже вполне успешно. Проходили годичные заседания УрО ВМО, принимались новые члены общества и при активном участии отделения проходили различные совещания. Так, в 1978 г. в Свердловске состоялось собрание комиссии по новым минералам и названиям минералов [8], а в 1980 г. прошла школа по музейной работе с участием 32 специалистов из 18 городов [9]. Кроме того, в 1982 г. в Миассе при участии УрО ВМО проведена II Всесоюзная школа по онтогенезу минералов [10], а в 1984 г. в Свердловске – II Всесоюзный семинар по преподаванию кристаллографии и минералогии в высшей школе [11]. В 1982 г. впервые из рядов Уральского отделения был избран Почетный член ВМО Г. Н. Вертушков.

С другой стороны, за этот период времени (1966–1986 гг.) отделение трижды находилось в проблемном состоянии. Так, перевод Л. Н. Овчинникова в 1966 г. в московский институт практически на четыре года «обезглавил» Уральское отделение. Эта потеря частично нивелировалась активной работой ученого секретаря Б. В. Чеснокова, но, понятное дело, не полностью. Еще один проблемный период отделения возник с 1976 г. с избранием П. Я. Яроша. К сожалению, время очередных выборов УрО ВМО совпало с трудным периодом жизни ИГГ УНЦ АН СССР. В 1975 г. часть коллектива ИГГ выступила против своего директора члена-корреспондента АН СССР С. Н. Иванова и добилась его отставки, а П. Я. Ярош был назначен временно исполняющим обязанности директора. Многие на тот момент посчитали, что Петр Яковлевич скоро станет полноценным директором ИГГ, и в 1976 г. его избрали Председателем УрО ВМО. Но в 1977 г. на пост директора ИГГ назначили иногороднего доктора наук А. М. Дымкина, и в итоге Уральское отделение оказалось без директорской поддержки. Третий трудный период наступил с 1982 г., когда в Миассе на базе Ильменского государственного заповедника было основано одноименное отделение ВМО, что для всех стало хорошей новостью, но не для нашего отделения. Многие активные ученые-минералоги (Б. В. Чесноков, В. А. Попов, В. И. Попова, Е. П. Макагонов и др.) в итоге перешли из Уральского в Ильменское отделение.

В 1987 г. новым Председателем УрО ВМО был избран директор ИГГ УрО АН СССР член-корреспондент АН СССР В. А. Коротеев (фото 7), а ученым секретарем – О. К. Иванов (табл. 1). Наступило время перемен, после периода «перестройки и гласности», неожиданно стал развиваться Советский Союз, и в обществе назрело недовольство. Несмотря на вполне нормальную работу отделения, на очередных выборах УрО ВМО в 1991 г. было избрано новое руководство – А. С. Таланцев (председатель, см. фото 8), Э. Ф. Емлин (зам. председателя) и В. В. Мурзин (ученый секретарь). В итоге Уральское отделение практически на десять лет опять потеряло директорскую поддержку, причем крайне необходимую в лихие 90-е гг.

В период 1987–1991 гг. Уральское отделение достигло наивысшей точки развития. Так, в 1988 г. численность отделения составляла 136 человек, был сформирован Пермский филиал УрО ВМО (в который входило около 20 членов общества) и каждый год проводилось по 5–6 засе-

Таблица 1. Руководство Уральского отделения ВМО (РМО) с 1948 по 2016 гг.

Годы	Председатель	Ученый секретарь
1948–1954 гг.	К. К. Матвеев Зам. председателя Л. Н. Овчинников	Е. З. Бурьяннова
1955–1964 гг.	Г. Н. Вертушков	И. А. Юдин (1955–1963 гг.) Ю. А. Соколов (и. о., 1963–1964 г.)
1965–1970 гг.	Л. Н. Овчинников Зам. председателя Б. В. Чесноков	Г. Н. Старцев
1971–1976 гг.	Б. В. Чесноков	Г. Н. Старцев
1976–1981 гг.	П. Я. Ярош	В. И. Кайнов
1982–1987 гг.	В. И. Якшин	Н. А. Григорьев (1982–1984 гг.) Г. Н. Алексеев (1984–1987 г.)
1987–1991 гг.	В. А. Коротеев	О. К. Иванов
1991–2001 гг.	А. С. Таланцев Зам. председателя Э. Ф. Емлин	В. В. Мурзин
2001–2007 гг.	Д. А. Клейменов Зам. председателя Ю. В. Ерохин	Л. П. Малофеева
С 2007 г. по настоящее время	Ю. В. Ерохин	Г. Ю. Шардакова (2007–2012 гг.) В. С. Пономарев (с 2012 г.)

даний отделения [12]. Организовывались совещания, вышло несколько сборников статей и самое главное – в 1990 г. два тома «Минералогии Урала». Все эти успехи Уральского отделения, на наш взгляд, объясняются личными качествами и неуемной энергией О. К. Иванова, который на тот момент, безусловно, был ведущим уральским минералогом.

В период 1991–2001 гг. УрО ВМО проводило годичные сессии и принимало активное участие в организации ежегодной научной конференции «Уральская летняя минералогическая школа» (с 1996 по 2000 г.). Члены Уральского отделения приняли участие в организации Музея камнерезного и ювелирного искусства Урала и Природно-минералогического заказника «Режевской», а также различных выставок «250 лет золота Урала», «Самоцветная полоса Урала» и «Франция – Урал». Кроме того, в газете «Уральский рабочий» был опубликован 21 популярный очерк об уральских самоцветах [13]. Эту работу в основном проводил заместитель отделения Э. Ф. Емлин, а председатель А. С. Таланцев как бы самоустроился от деятельности общества, или, как выражался О. К. Иванов [14]: «...Уральское отделение ВМО при нем практически бездействовало». Так, за 10 лет от Уральского отделения в Президиум ВМО поступило только три годовых отчета (за 1992, 1998 и 2000 гг.), что, конечно, не может являться хорошей работой. При этом численность отделения резко сократилась до 72 человек (в 1993–1995 гг.).

В сентябре 2001 г. Анатолий Степанович Таланцев скончался, и практически сразу прошли выборы нового Председателя УрО ВМО, которым избрали кандидата геолого-минералогических наук Д. А. Клейменова (фото 9), а ученым секретарем – Л. П. Малофееву (табл. 1). Немного позднее решением руководства в 2002 г. был назначен зам. председателя Ю. В. Ерохин. На общем собрании отделения был принят

Таблица 2. Почетные члены Общества от Уральского отделения ВМО (РМО).

ФИО	Год избрания
Вертушков Григорий Николаевич	1982
Коротеев Виктор Алексеевич	2010
Поленов Юрий Алексеевич	2010

Устав и прошла перерегистрация членов (получилось около 70 человек). К сожалению, перерегистрация членов УрО ВМО проходила по факту личного появления на общем собрании, что, естественно, оставило вне нашего отделения Пермский филиал, который уже в 2002 г. организовался в самостоятельное Пермское отделение ВМО. В декабре 2001 г. состоялась «зимняя сессия» Уральского отделения, посвященная памяти А. С. Таланцева, которая продолжалась практически неделю в вечернее время (сделано 27 устных докладов). С 2002 г. начался выпуск сборника статей «Вестник УрО ВМО». Он планировался как ежегодный сборник, но после 2005 г. и вплоть до 2008 г. по разным причинам не выпускался. Кроме того, в период 2002–2007 гг. Уральское отделение принимало активное участие в организации областных юношеских геологических олимпиад, проводились различные выставки и презентации в Уральском геологическом музее, а также выпускались тематические книги в формате «Знаменитые месторождения Урала».

К 2007 г. Дмитрий Алексеевич Клейменов фактически отошел от руководства отделением, и в ноябре этого же года прошли выборы нового Председателя УрО РМО, которым избрали кандидата геолого-минералогических наук Ю. В. Ерохина (фото 10), а ученым секретарем – Г. Ю. Шардакову (в период 2007–2012 гг.). На следующих перевыборах в 2012 г. ученый секретарь сменился на В. С. Пономарева (табл. 1). Практически сразу с 2008 г. был возобновлен выпуск ежегодного Вестника УрО РМО и в 2015 г. выпущен уже двенадцатый номер (на данный момент комплектуется сборник № 13). С 2007 г. Уральское отделение является основным организатором ежегодной молодежной Всероссийской конференции «Уральская минералогическая школа», в 2008 г. оно успешно провело Годичную сессию РМО «Типоморфные минералы и минеральные ассоциации – индикаторы масштабности природных и техногенных месторождений и качества руд». В 2010 г. на общем собрании РМО из рядов Уральского отделения было избрано два Почетных члена РМО – В. А. Коротеев и Ю. А. Поленов (табл. 2, фото 7, 11). Была проведена перерегистрация, и на данный момент количество членов Уральского отделения составляет 72 человека. Это четвертый показатель среди 25 действующих отделений РМО, и у нас есть перспектива роста. Интересно, что в 2008 г. в Уральском отделении после перерегистрации было всего 57 человек, так как общество покинуло около 15 студентов, принятых в начале 2000-х гг.

Почетными членами общества от Уральского отделения стали всего трое ученых – Г. Н. Вертушков, В. А. Коротеев и Ю. А. Поленов (табл. 2, фото 2, 7, 11). Такое незначительное количество почетных членов объясняется излишней «скромностью» и явной недоработкой прежних руководителей отделения, а также постоянным дроблением Уральского отделения. К примеру, из членов УрО ВМО (РМО) в 1982 г. было сформировано Ильменское отделение (Миасс) и в 2002 г. – Пермское отделение (Пермь). Почетные члены общества, избранные от имени Ильменского отделения – Б. В. Чесноков (в 1999 г.) и О. К. Иванов (в 2010 г.), также отдали многие годы работы Уральскому отделению. При этом стоит отметить, что Борис Валентинович Чесноков был Председателем двух отде-



Фото 7. В. А. Коротеев

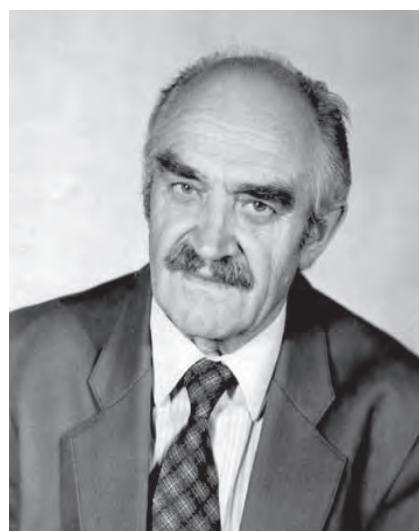


Фото 8. А. С. Таланцев



Фото 9. Д. А. Клейменов



Фото 10. Ю. В. Ерохин



Фото 11. Ю. А. Поленов

лений – Уральского (1971–1976 гг.) и Ильменского (1986–1987 гг.). Кроме того, нельзя забывать, что один уральский ученый был избран почетным членом Минералогического общества и до организации Уральского отделения, это О. Е. Клер (в 1896 г.) за работу в УОЛЕ [15].

Уральское отделение Российского минералогического общества продолжает активно работать на благо российской науки, хотя и испытывало за свою почти 70-летнюю историю (в 2018 г. у нашего отделения будет юбилей) как взлеты, так и падения.

Авторы выражают большую благодарность В. А. Коротееву, В. В. Мурзину, К. С. Иванову и многим другим коллегам за помощь в работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соловьев С. П. Всесоюзное минералогическое общество и его роль в развитии геологических наук. Л.: Наука, 1967. 232 с.
2. Зорина Л. П. Уральское общество любителей естествознания. 1870–1929. Из истории науки и культуры Урала: учен. записки Свердловского областного краеведческого музея. Екатеринбург: Банк культурной информации, 1996. Т. 1. 208 с.
3. Вертушков Г. Н., Григорьев Д. П. Константин Константинович Матвеев (1875–1954) // Записки ВМО. 1955. Ч. 84. Вып. 2. С. 251–252.
4. Архипова Н. П., Ястребов Е. В. Как были открыты Уральские горы: очерки по истории открытия и изучения природы Урала. Свердловск: Сред.-Урал. кн. изд-во, 1990. 224 с.
5. Григорьев Д. П. Наше минералогическое общество в 1942 г. // Записки ВМО. 1985. Ч. 114. Вып. 2. С. 150–154.
6. Воспоминания об ученых Института геологии и геохимии / отв. ред. С. Л. Вотяков. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2012. 232 с.
7. Соловьев С. П., Доливо-Добровольский В. В. История Всесоюзного минералогического общества и его роль в развитии геологических наук. СПб.: Наука, 1992. 334 с.
8. Доливо-Добровольский В. В., Попкова Т. Н. Отчет о деятельности Всесоюзного минералогического общества за 1978 год // Записки ВМО. 1979. Ч. 108. Вып. 6. С. 743–758.
9. Доливо-Добровольский В. В., Попкова Т. Н. Отчет о деятельности Всесоюзного минералогического общества за 1980 год // Записки ВМО. 1981. Ч. 110. Вып. 6. С. 747–763.
10. Доливо-Добровольский В. В., Попкова Т. Н. Отчет о деятельности Всесоюзного минералогического общества за 1982 год // Записки ВМО. 1983. Ч. 112. Вып. 6. С. 749–760.
11. Доливо-Добровольский В. В., Попкова Т. Н. Отчет о деятельности Всесоюзного минералогического общества за 1984 год // Записки ВМО. 1985. Ч. 114. Вып. 6. С. 749–761.
12. Иванов О. К. Отчет о деятельности Уральского отделения ВМО за 1988 и 1989 гг. // Материалы к минералогии Урала. Свердловск: УрО АН СССР, 1990. С. 113–116.
13. Доливо-Добровольский В. В., Карякина Т. А. Отчет о деятельности Всесоюзного минералогического общества за 1994–1995 гг. // Записки ВМО. 1996. Ч. 125. Вып. 5. С. 112–123.
14. Иванов О. К. Три года в лаборатории А. С. Таланцева // Уральский геологический журнал. 2002. № 6 (30). С. 199–208.
15. Действительные члены Российского минералогического общества: справочник / отв. ред. Ю. Б. Марин. СПб., 2011. 151 с.

Юрий Викторович Ерохин,
erokhin-yu@yandex.ru

Институт геологии и геохимии им. А. Н. Заварицкого УрО РАН
Россия, Екатеринбург, ул. Ак. Вонсовского, 15

Юрий Алексеевич Поленов,
Александр Георгиевич Шорин,
Уральский государственный горный университет
Россия, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

История УГГУ

Уральский горный институт во Владивостоке

Н. В. Хисамутдинова

Статья рассказывает о работе во Владивостоке ряда преподавателей Уральского горного института (Екатеринбург), уехавших в годы Гражданской войны на российскую окраину приказом Верховного правителя А. В. Колчака. Особое внимание удалено деятельности на Дальнем Востоке ректора УГИ профессора химии П. П. фон Веймарна, который во Владивостоке пытался реализовать свои принципы организации высшего образования, а в Японии содействовал развитию новейших технологий, основанных на химических процессах. Статья основана на архивных источниках и материалах местной периодической печати.

Ключевые слова: Уральский горный институт; Владивостокский политехнический институт; П. П. фон Веймарн; высшее образование на Дальнем Востоке; русские в Японии; химия коллоидов.

Оезд преподавателей УГИ

Весной 1919 г., когда на Восточном фронте началось наступление Красной Армии, встал вопрос об эвакуации из Екатеринбурга крупных учреждений, в том числе это коснулось и Уральского горного института (УГИ)¹. Распоряжением Министерства торговли и промышленности правительства А. В. Колчака личный состав УГИ направлялся во Владивосток для укрепления местного политехникума. Владивостокский высший политехникум, созданный осенью 1918 г. по инициативе общественности как частное учебное заведение, был головной болью чиновников министерства. Ректор В. М. Мендрин забросал их письмами, требуя, чтобы правительство озабочилось судьбой вуза и включило его в разряд государственных. «При удачно сложившейся конъюнктуре Политехникум в крайнем случае может просуществовать до конца академического года, но в дальнейшем необходимо перейти на содержание государства», – писал он в январе 1919 г. [1, л. 26]. Отправка на Дальний Восток преподавателей, студентов и оборудования УГИ позволяла частично решить проблему.

Первая партия – шесть семей преподавателей УГИ (П. П. фон Веймарн, С. Н. Петрова, Н. Е. Скаредова, К. Д. Луговкина, М. А. Павлова, Е. П. Сысоевой) и часть институтского имущества – отправилась по железной дороге во Владивосток в ночь с 12 на 13 июля 1919 г., за два дня до прихода в Екатеринбург Красной Армии. Еще десять преподавателей (М. К. Елиашевич, М. О. Клер, Е. И. Любарский, В. К. Малинин, Н. И. Морозов, В. Ф. Овсянников, А. О. Рейн, Б. П. Пентегов, Г. И. Стальнов и А. М. Янек) добрались до Владивостока различными путями к концу года. К этому времени город уже был заполнен беженцами, начавшими прибывать в 1918 г. и увеличившими население Владивостока к 1920 г. на 200 тыс. человек. Жилья в городе катастрофически не хватало. Считалось большой удачей снять отдельную комнату, многие же семьи довольствовались углом. Уральцы после почти двухмесячного пути еще две недели оставались в вагонах-теплушках: политехникум из-за отсутствия средств не смог своевременно отремонтировать помещения для УГИ. Ректору Веймарну пришлось немало похлопотать, пока его коллектив не разместили в зале одной из городских гимназий. Вуз же выделили для начала три комнаты в здании Владивостокского коммерческого училища, где располагался и политехникум, не имевший в то время собственных помещений.

Вместе с владивостокским вузом

К этому времени возымели действие ходатайства Мендрина перед правительством Колчака: с 25 сентября 1919 г. Высший владивостокский политехникум закреплялся за Министерством торговли и промышленности в качестве Владивостокского политехнического института, оставаясь при этом частным вузом на попечении общественности и меценатов. «Конечно, постановление Совета Министров от 25 т[екущего] м[есяца] не то, о чём Институт мечтал и хлопотал, но при современных условиях и переживаемом моменте это максимум того, что Учебный отдел при поддержке Министерства мог добиться в пользу Института», – говорилось в письме из Министерства, где пообещали при улучшении ситуации вновь возбудить вопрос о превращении института в государственное учебное заведение [1, л. 181].

Во Владивостоке уральцы поначалу старались сохранять самостоятельность, но, имея совместные площади с Политехническим институтом, рациональнее было и учебный процесс проводить совместно, тем

более что специализация во многом совпадала: главной задачей Политехнического института, как и УГИ, была подготовка инженерно-технических работников для горной промышленности. Вузы окончательно объединились в апреле 1920 г., когда постановлением Временного правительства Дальнего Востока (Приморской земской управы) Владивостокский политехнический институт стал государственным, и все расходы по его содержанию были приняты на счет государственного казначейства [2, с. 1]. Из 28 штатных преподавательских должностей Политехнического института 15 оказались занятыми преподавателями УГИ. Профессора и доценты, за редким исключением, были с Урала, поэтому им доверили руководящие посты: П. П. Веймарн избрал проректором и исполняющим обязанности декана горного факультета, Н. И. Морозова – секретарем Совета института, С. Н. Петрова – деканом механического и исполняющим обязанности декана инженерно-строительного факультетов [3, л. 1–3]. Студенты-уральцы укрепили вуз численно (в течение 1919/20 учебного года число студентов в целом возросло до 600 человек), что позволило выделить горное отделение в самостоятельный факультет.

Некоторые профессора и доценты, приехавшие с Урала, одновременно преподавали и в других вузах Владивостока. Так, в Дальневосточном педагогическом институте им. К. Д. Ушинского Н. И. Морозов читал лекции по химии, а В. Ф. Овсянников заведовал кафедрой ботаники [4, с. 18, 21]. В то же время анализ документов позволяет предположить, что профессора и доценты УГИ не думали задерживаться во Владивостоке надолго и надеялись вернуться в Екатеринбург. В приказе о назначении на должности существует примечание: «Ректор, декан и секретарь Совета УГИ сохраняют свои должности по УГИ, но с прекращением выдачи содержания по этим должностям с 8 мая 1920 г.» [3, л. 1].

Став в мае 1920 г. после кончины Мендрина ректором владивостокского вуза, Веймарн и сюда попытался перенести свои принципы организации учебной и научной работы. Он, в частности, считал, что чтение в один день нескольких лекций по разным предметам ведет к переутомлению студентов и не способствует эффективному усвоению материала. И в УГИ, и во Владивостоке расписание составлялось с учетом этого. Благодаря председательству Веймарна в комиссии по разработке Устава Владивостокского государственного политехнического института тот оказался туждественным уставу УГИ и провозглашал большую академическую автономию вуза. Устав предоставлял самим факультетам право формировать учебные планы, вводить дополнительные курсы, организовывать и переименовывать кафедры [5, с. 1]. Лишь две из 43 статей Устава (19 и 26) подверглись существенным, с точки зрения Веймарна, изменениям. Временная комиссия по делам средней и высшей школы вводила в состав Совета и Хозяйственный комитет вуза с правом решающего голоса по всем вопросам «представителей от Правительства или высшей местной общественно-хозяйственной организации». Веймарн выскажал резкое несогласие с этим нововведением, видя в нем возвращение к уставу прошлого столетия. Он считал нужным сделать примечание, что ни он, ни его коллеги не причастны к этому явному нарушению одного из основных элементов автономии вуза, указывая на пагубное влияние «введения в однородный коллегиальный организм Высшей Школы чужеродных элементов» и называя это «чисто провинциальным» экспериментом» [6].

Обеспечить работу института в условиях Гражданской войны было крайне трудно. Несмотря на статус государственного вуза, институт оставался в основном на попечении местной общественности. Средства на его содержание поступали нерегулярно и в недостаточном количестве: их хватало только на оплату хозяйственных расходов. Работа педагогического персонала оплачивалась в незначительной степени, и институт продолжал работать лишь благодаря наличию у преподавателей заработка в других местах. Принудительные мобилизации и частые контрреволюционные перевороты также не способствовали стабильной работе.

Добившись в 1920 г. ассигнований на оборудование института, Веймарн смог организовать ряд лабораторий, чертежных и учебных кабинетов. К осени 1921 г. вуз имел следующие учебно-вспомогательные учреждения: геодезический кабинет с полным комплектом геодезических инструментов; кабинеты наглядных пособий по механическому

¹ Институт был учрежден Государственным Советом России в 1914 г. и начал первый учебный год в 1917 г., за несколько дней до Октябрьской революции.

и инженерно-строительному циклам наук; геолого-минералогический кабинет; лабораторию испытания строительных материалов; несколько химических лабораторий, в том числе физической химии; лабораторию физики и электротехники; библиотеку, насчитывающую до 5 тыс. книг. Смог институт и оборудовать собственную электростанцию, которая обеспечивала электричеством не только вуз, но и целый район. Активизировать учебный процесс, особенно на горном факультете, позволили картографические материалы, книги и коллекции из личных собраний профессоров УГИ. Стремясь оснастить новые кабинеты и лаборатории, они приступили к сбору местных коллекций. В. Ф. Овсянников, в частности, начал собирать коллекцию пород деревьев и кустарников, произраставших в окрестных лесах, для лесотехнического кабинета, а кабинет геологии пополнился коллекциями, собранными студентами во время учебных экскурсий [7, с. 353].

Веймарн потратил много сил, чтобы добиться для института нормальных условий работы. «Без увеличения ассигнований на научно-учебные расходы, — считал он, — совершенно невозможно поставить сколь-нибудь способы жизнью Высшей технической школы. Мой долг указать, самым настойчивым образом, что если правительство не увеличит бюджет Высшей Школы, то вместо Высшей Школы получит лишь суррогат её» [6]. Больше ученый, чем администратор, он тяготился необходимости выпрашивать у властей то, что они сами должны предлагать вузу, и осенью 1920 г. подал в отставку, передав должность ректора профессору С. Н. Петрову.

Получив возможность больше времени посвятить науке, Веймарн продолжил исследования в области коллоидной химии. В 1921 г. вместе с другим профессором химии УГИ, а затем Владивостокского политехнического института Б. П. Пентеговым он совершил научную командировку в Японию, где работал в химических лабораториях Токийского университета. Был он занят в это время и подготовкой к изданию собрания своих трудов, о котором было объявлено в первом выпуске «Известий Уральского горного института», подготовленного еще до эвакуации и увидевшего свет весной 1920 г.

«Известия Уральского горного института»

Важнейшим элементом научной работы Веймарн считал своевременную публикацию результатов исследований. В УГИ этому придавали огромное значение: в первые же месяцы работы вуза был намечен обширный план издательской деятельности, включавший издание научных трудов и учебников преподавателей, а также научного журнала «Известия Уральского горного института», задачей которого ставилась популяризация науки. Из обширного замысла удалось реализовать немногое. Под руководством Веймарна в 1920 г. был издан только первый номер «Известий», да и то не в Екатеринбурге, а во Владивостоке.

Журнал отпечатали в типографии Восточного института, при этом не обошлось без проблем. Весна 1920 г. была временем реорганизации высшего образования на Дальнем Востоке, когда Восточный институт (открыт в 1899 г.) объединялся с мелкими институтами, созданными в годы Гражданской войны, чтобы образовать Дальневосточный университет. Это затрудняло использование типографии, переходившей от одного вуза к другому, предъявлялись жесткие требования к срокам печатных работ. К тому же смутное время не способствовало высоким нравам, и арендатор типографии, некий В. А. Григорьев, изрядно попортил нервы Веймарну, нарушая сроки, отказываясь от договоренностей и попросту обманывая заказчиков [8, с. 335–337]. Тем не менее, несмотря на всевозможные трудности, журнал увидел свет. Обращает на себя внимание тщательность его редакторской подготовки и высокое полиграфическое качество. Титульный лист и содержание напечатаны на четырех языках: русском, английском, немецком и французском. Часть статей опубликована либо с переводом на английский или немецкий языки, либо содержит краткую аннотацию на иностранном языке. Это стало заслугой, как отмечено в журнале, преподавателей УГИ и Владивостокского высшего политехникума Р. Г. Бернштейна, А. А. Вегнера, М. О. Клерса, Н. И. Морозова, А. Р. Редлиха, Е. П. Сысоевой и А. М. Янека. Надежда Николаевна Веймарн взяла на себя обязанности корректора.

Журнал вышел в двух книгах и имел четыре раздела — по два в каждой книге. Первый раздел под названием «Оригинальные теоретиче-

ские и экспериментальные исследования» посвящался результатам работ преподавателей УГИ и открывался «Очерками по энергетике культуры» Веймарна. Среди других материалов — научные статьи С. Н. Петрова, А. М. Янека, Е. И. Любарского, М. К. Елиашевича и Н. Е. Скарева. Во втором разделе были опубликованы краткие научные сообщения, принадлежащие в основном перу самого Веймарна. В третий раздел журнала под названием «Успехи науки и техники» вошли обзоры по отдельным проблемам, рефераты статей, опубликованных в других журналах, и рецензии на новые книги. Несколько материалов этого раздела подводили итоги работы Веймарна в области коллоидной химии. Об этом, например, «Очерк развития учения о коллоидах за последние 12 лет» химика Н. И. Морозова, в котором он изложил результаты совместных исследований с учителем. Четвертый раздел журнала «Хроника академической жизни» был специально составлен, по замыслу Веймарна, «для будущего историка института»: в нем подробно изложена хроника жизни УГИ в первые годы его существования².

Отсутствие денег, недостаток технического оборудования в типографии и некоторые другие обстоятельства заставили отступить от первоначальных планов. Так, журнал пришлось напечатать на тонкой бумаге, поскольку другой не нашлось. Из-за отсутствия греческого шрифта не смогли опубликовать статью Н. В. Галли, не приехавшей во Владивосток. Не удалось напечатать, как планировалось, жизнеописания и списки научных трудов преподавателей УГИ, так как этот материал остался в Екатеринбурге. По этой же причине редакция не смогла поместить портреты всех почетных членов УГИ и ограничилась снимками П. П. фон Веймарна, А. М. Симонова (бывшего председателя Екатеринбургской земской управы), Е. Д. Калугина (бывшего председателя Пермской губернской земской управы) и Н. Ф. Магницкого (бывшего заместителя председателя Строительной комиссии УГИ).

Первый номер журнала решено было выпустить тиражом 1000 экземпляров, а третий и четвертый разделы, кроме того, издать дополнительно в общей обложке тиражом в 500 экземпляров: по мнению редакции, эти материалы должны были пользоваться наибольшим интересом у читателей³. Согласно постановлению Совета УГИ авторы вместо гонорара получали по двести экземпляров отдельных оттисков своих статей. В объявлениях и анонсах, завершающих 1-й номер, афишировалось содержание следующего выпуска «Известий», в том числе очередные очерки по энергетике культуры Веймарна. Увы, второму номеру «Известий УГИ» не суждено было увидеть свет, но предложенные к публикации статьи Е. И. Любарского, С. Н. Петрова, М. А. Павлова, Н. И. Морозова, Б. П. Пентегова, П. П. Гудкова, В. Ф. Овсянникова дают представление о направлениях исследований, проводимых уральскими учеными на Дальнем Востоке.

Уральские ученые и наука

При отсутствии в Дальневосточном регионе других научных учреждений Владивостокский политехнический институт стал центром научно-исследовательской работы. К тому времени уровень изученности края оставался низким, и основное внимание вузовских исследователей было обращено на изучение местных сырьевых ресурсов, повышение эффективности разведки и добычи полезных ископаемых, совершенствование методов их переработки. В этой работе были задействованы все бывшие преподаватели УГИ. Так, М. К. Елиашевич, М. А. Павлов и Н. Е. Скарев с первых месяцев жизни во Владивостоке занялись изучением месторождений каменного угля на юге Приморья. Эти работы проводились в основном по заявкам частных горнопромышленных предприятий, которых прежде всего интересовали вопросы практического характера, но геологи использовали эту возможность, чтобы дополнить геологические исследования, которые проводились ранее, и исправить неточности, обнаруженные в процессе разработки угольных пластов.

Так, М. К. Елиашевич, приступив к работе уже зимой 1919–1920 гг., смог не только ответить на вопросы, поставленные перед ним эксплуатационниками, но и связать все угленосные районы окрестностей Владивостока, дать общую картину тектоники месторождений, составить точные геологические разрезы районов добычи угля, определить мощность и качество угленосных отложений в районе каждой шахты. В ходе исследований и разведок он собрал обширную коллекцию углей, пород, иско-

²Преобладание среди материалов журнала статей и заметок самого Веймарна или посвященных ему не осталось незамеченным. Некий Петроний опубликовал в местной газете «Воля» ежедневную рецензию, обвинив Веймарна в стремлении рекламировать себя. Члены Совета УГИ сочли необходимым дать публичный ответ рецензенту, объяснив, что решение о содержании журнала принималось коллегиально, а не одним редактором Веймарном. Со своей стороны добавим, что Веймарна как редактора не могло не беспокоить качество журнала. Стремясь сделать его полноценным научным изданием при отсутствии крупных научных сил, он вынужден был брать на себя основной труд по наполнению журнала добротным материалом.

³ Во Владивостоке до наших дней сохранился лишь экземпляр 2-й книги журнала «Известия Уральского горного института». Его наряду с другими редкими изданиями смогли сберечь в библиотеке Общества изучения Амурского края, старейшей научно-просветительской общественной организации Дальнего Востока (основано в 1884 г.); 1-й книги в таком виде, как она вышла из печати, не сохранилось, и ее содержание мы знаем лишь по оглавлению, которым открывается книга 2-я. Все что осталось от нее, это первые 32 страницы с двумя «Очерками по энергетике культуры» Веймарна. Возможно, это даже не часть журнала, а один из оттисков, которые получали авторы вместо гонорара. Он, кстати, тоже задает нам загадку. Второй очерк заканчивается на с. 31, но следующая статья, согласно оглавлению, начинается со с. 41. Вероятно, на отсутствующих страницах был напечатан и 3-й очерк Веймарна, который, увы, до нас не дошел.

паемых растений и животных, которая ныне хранится в Объединенном государственном музее имени В. К. Арсеньева (Владивосток). Геологи из УГИ вошли в образованный в 1920 г. Дальневосточный геологический комитет⁴, и, выполняя его задания, охватили исследованиями наиболее важные в геологическом отношении районы Дальнего Востока. Их работа позволила открыть несколько новых промышленных угольных пластов, где позднее были созданы шахты и вплоть до недавнего времени велась добыча высококачественных углей.

Огромный вклад в развитие химической науки на Дальнем Востоке внесли Б. П. Пентегов, К. Д. Луговкин, Е. И. Любарский и Н. И. Морозов. Они также участвовали в изучении минеральных ресурсов Дальнего Востока, занимались вопросами обогащения руд цветных металлов, способами производства скрапида и канифоли на основе местного сырья, химическим анализом продуктов моря для дальнейшего использования их в пищевой промышленности, а также поиском наиболее эффективных методов их переработки. Именно их исследования заложили фундамент будущей академической науки на Дальнем Востоке [9, с. 65–67, 73, 88–90].

Снова на Восток

С завершением Гражданской войны и установлением на Дальнем Востоке Советской власти большинство преподавателей УГИ покинули Владивосток: М. О. Клер вернулся в Екатеринбург и продолжил работу в новом, советском Уральском горном институте⁴. А. М. Янек уехал на родину, в Латвию. Н. И. Морозов и С. Н. Петров перебрались в Харбин, где к этому времени открылись русские вузы. М. К. Елиашевич эмигрировал в США.

Сведения о времени отъезда супругов Веймарн в Японию противоречивы. До недавнего времени считалось, что они покинули Владивосток осенью 1922 г., вскоре после вступления в город Красной Армии. Некролог же, принадлежащий перу коллеги Веймарна В. Оствалльда и обнаруженный в немецком журнале, позволяет предположить, что химик мог остаться в Японии после поездки туда для чтения лекций осенью 1921 г., а в апреле 1922 г. принял предложение должности экстраординарного профессора в Императорском Киотском университете [10, р. 8]. Архивные материалы Владивостокского политехнического института, сохранившиеся во Владивостоке, к сожалению, не дают возможности подтвердить или опровергнуть это предположение. С большой долей достоверности можно сказать лишь одно: немаловажное значение для Веймарна, как и для большинства русских эмигрантов, имела близость Японии к российским берегам: никто не думал, что советская власть продержится долго, и все надеялись в самое ближайшее время вернуться на родину. На выбор страны повлияли, несомненно, и научные связи Веймарна с японскими исследователями и его непродолжительная работа в Токио. К тому же он неоднократно с восхищением отзывался об организации научных исследований в этой стране.

Весной 1923 г. супруги поселились в городе Кобе, а работать русский химик стал в Осаке, в Императорском научно-исследовательском промышленном институте (Imperial Industrial Research Institute), где ему предоставили должность профессора-исследователя и руководителя лаборатории коллоидной химии. Здесь совместно с японскими учеными он начал исследования по различным проблемам химии коллоидов. Среди тем, которые разрабатывал Веймарн в Японии, были способы окрашивания древесины и других материалов средствами дисперсионных растворов, исследование целлюлозы, шелка и т. д. О результатах исследований он сообщал коллегам через научный журнал, выпускавший институтом [11], а многие его изобретения и открытия были внедрены в японскую промышленность. Идеи русского ученого были востребованы в это время в Стране восходящего солнца, которая становилась на путь индустриализации и использовала все возможности, чтобы перенять европейский опыт и новейшие технологии, привлечь на свою сторону лучших зарубежных исследователей и инженеров. «Сейчас профессор Веймарн продолжает свои исследования в Императорском научно-исследовательском институте в Осаке. Результаты его работ и публикации выдают в нем выдающегося химика», – писал в 1924 г. журнал «Industrial and Engineering Chemistry» [12, р. 540–541].

Одновременно Веймарн преподавал в японских университетах: в Императорском Токийском, Тохуку (Tohoku), Киотском. Современники отзывались о лекциях русского профессора как пользующихся большой популярностью у японских студентов. Благодаря помощи японских кол-

лег, в частности, профессора Киотского Императорского университета Y. Osaka, лекции русского химика были опубликованы в Японии в несколько сокращенном виде под названием «Kolloides und Kristalloides. Losen und Niederschlagen, Vortrage aus den dispersoidologischen Untersuchungen des Verfassers fur die Jahre 1905–1916» (Коллоиды и кристаллоиды. Растворы и осадки. Доклады о дисперсийных исследованиях, проведенных автором в 1905–1916 гг.). Известно, что и в Японии ученый продолжал проповедовать важность изучения естествознания как науки, которая является показателем культуры народов и условием самосохранения человечества [13, с. 19].

Веймарн руководил химической лабораторией в Осаке до 1930 г., а затем перешел на работу в частную лабораторию в Кобе. Видимо, уже тогда его здоровье начало сдавать, и поездки на работу в Осаку стали для него затруднительными. В этот период Кобе был одним из самых «русских» японских городов. Здесь собралась довольно многочисленная русская община, в которой Петр Петрович и Надежда Николаевна обнаружили и знакомых по Екатеринбургу, супругов Злоказовых, Сергея Федоровича и Марию Степановну. Несмотря на различные характеры – Веймарн жил замкнуто, любил уединение и не стремился к дружеским контактам, а Злоказов, напротив, был живым и общительным, – они довольно тесно сблизились. Немалую роль в этом, вероятно, сыграла широкая образованность Злоказова: он окончил Петербургский технологический институт, знал более десяти иностранных языков, был членом Уральского общества любителей естествознания [14, с. 265–266].

В апреле 1935 г. профессора Веймарна пригласили на должность директора Высшего технического центра в Шанхае, открытого в марте 1934 г. по инициативе русского инженера В. С. Котенева и при активном содействии Генеральной комиссии по образованию при французском Муниципальном совете. Преподавание велось на русском языке, а дипломные проекты защищались на французском. Одной из причин того, что Веймарн принял предложение Высшего технического центра, были проблемы со здоровьем. К этому времени вплотную встал вопрос о хирургическом вмешательстве. Японские врачи признались в своем беспомощии, и надежда оставалась на Шанхай, где имелись медицинские светила из разных стран. Но и там не смогли помочь русскому профессору. Он умер в Шанхае 2 июня 1935 г., немного не дожив до 56 лет. Вдове перевезла тело мужа обратно в Кобе и похоронила на Иностранном кладбище.

Надежда Николаевна Веймарн ушла из жизни спустя тридцать лет, 21 января 1964 г., и была похоронена рядом с Петром Петровичем. Мраморное надгробие на его могиле содержит надпись на японском языке о выдающихся заслугах химика перед Японией. В России же память ученого чтут за огромный вклад в отечественную науку и высшее образование. В свое время о нем писали: «Научные теории жизненны лишь постольку, поскольку они на основании уже известных соотношений дают возможность предсказывать новые соотношения, и это в высокой степени относится к теориям Веймарна... Вследствие редкой разносторонности своей натуры и широты мысли, он в своих работах смог предвосхитить теоретическое направление мышления в соответствующих областях знания. Пройдут многие десятилетия упорной научной работы, прежде чем эти области, смельче очертания теоретических сторон которых столь метко набросаны мыслью Петра Петровича, будут исчерпывающе разработаны последующими поколениями ученых» [15, с. 32].

Именно так и произошло: по словам современных химиков, теоретические концепции Веймарна справедливы и сегодня, а разработанные им способы получения и исследования дисперсных систем находят эффективное применение в нанохимии и нанотехнологиях. К сожалению, обширная и плодотворная деятельность П. П. фон Веймарна и его единомышленников из Уральского горного института, как и всех других, не принял Советскую власть, долгое время оставалась в России забытой. Лишь в последние десятилетия имя Веймарна было закреплено в списке почетных граждан Екатеринбурга, а биография первого ректора УГИ, ныне Уральского государственного горного университета, появилась на сайте вуза. Во Владивостоке этого многогранно талантливого человека вспоминают, прежде всего, как руководителя первого в регионе технического вуза, сумевшего и в сложнейших условиях Гражданской войны обеспечить его функционирование, отстаивая при этом прогрессивные принципы работы высшей школы⁵.

⁴ По имеющимся сведениям, М. О. Клер – единственный, кто из Владивостока вернулся обратно в Екатеринбург. 16 мая 1923 г. его арестовали по обвинению в экономическом шпионаже и контрреволюционных высказываниях. Приговор к высшей мере наказания, вынесенный 13 февраля 1924 г., заменили на десять лет лагерей с поражением в правах на пять лет. В августе 1925 г. он был освобожден, но через пять лет (июль 1930 г.) арестован снова, на этот раз по «делу Академии наук», и приговорен к 5-летней высылке «за шпионаж». Из ленинградской тюрьмы его отправили в Свердловск, где он работал по специальности, но без начисления трудового стажа. В дальнейшем занимался преподавательской деятельностью.

⁵ В последующие годы Владивостокский политехнический институт претерпел много структурных изменений. В 1923 г. все дальневосточные вузы были слиты в единый Государственный дальневосточный университет (ГДУ), а в 1930–1932 гг. в ходе специализации высшего образования из его факультетов создали несколько отраслевых вузов, в том числе Дальневосточный политехнический и Дальневосточный горный институты, где работали (различные сроки) и бывшие преподаватели УГИ: К. Д. Луговкин, Е. И. Любарский, В. Ф. Овсянников, М. А. Павлов, Б. П. Пентегов, А. О. Рейн, Е. П. Сысоева. Ныне горный факультет, основы которого были заложены уральцами, действует в составе Дальневосточного федерального университета (Владивосток).

Память о других преподавателях с Урала – М. К. Елиашевиче, Е. И. Любарском, В. Ф. Овсянникове, Б. П. Пентегове, М. А. Павлове и др. – сохраняется в их трудах, изданных во Владивостоке⁶, коллекциях, собранных ими, вкладе в развитие науки и высшего образования на далекой российской окраине. Их пример убедительно свидетельствует о том, как много может сделать, несмотря на неблагоприятные обстоятельства, человек, увлеченный своим делом. Приехав на Дальний Восток уже состоявшимися людьми, со сложившимися научными интересами, они смогли и в новых условиях найти применение знаниям и опыту и реализовать свой научный потенциал на благо края.

ЛИТЕРАТУРА

1. Переписка Владивостокского высшего политехникума и Министерства торговли и промышленности (правительства А. В. Колчака) // Российский гос. истор. архив Дальн. Востока (РГИА ДВ). Ф. Р-117, оп. 1, д. 10.
2. Вестник Временного правительства Дальнего Востока (Приморской Земской Управы). 1920. № 18 (22 апр.).
3. Список педагогического персонала Государственного Владивостокского политехнического института // Российский гос. исторический архив Дальн. Востока (РГИА ДВ). Ф. Р-117. Оп. 1. Д. 57. Л. 1–3.
4. И-ч (Ивашкевич Б. А.) Писатели, ученые и журналисты на Дальнем Востоке за 1918–1922 гг. Владивосток: Типолитогр. т-ва «Свободная Россия», 1922.
5. Устав Владивостокского государственного политехнического института //
- Бестник Временного правительства Дальнего Востока (Приморской Земской Управы). 1920. № 18 (22 апреля).
6. Филатов В. В. Кругой перелом // История Уральского государственного горного университета. URL: <http://about.ursmu.ru/istoriya-universiteta/professor-filatov-ob-universitete/krutoy-perelom.html>
7. Георгиевский А. П. Государственный Дальневосточный университет в прошлом и настоящем // Приморье, его природа и хозяйство: сб. статей Научно-Просвет. секции Примор. Губерн. выставочного бюро. Владивосток, 1923. С. 349–360.
8. Филатов В. В. Быть по сему! Екатеринбург: Изд-во УГГА, 2014. 688 с.
9. Турмов Г. П., Хисамутдинова Н. В. У истоков высшей технической школы на Дальнем Востоке России: материалы к биографиям (1899–1941). Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2010. 130 с.
10. Ostwald W. P. R. von Weymarn, 1879–1935 // Kolloid-Zeitschrift. 1936. В. 74. Heft 1. Р. 2–10.
11. Veimann P. P. Dispergation and aggregation of natural silk (fibroin) in concentrated aqueous solutions of neutral salts // Repts. Imperial Industrial Research Institute. Osaka, 1926. № 7. Р. 5–22.
12. Kashima K. An Eminent Russian Chemist // Industrial and Engineering Chemistry. 1924 (May). Vol. 16, № 5. Р. 540–541.
13. Амурский Н. Памяти большого русского человека // Рубеж. Харбин, 1937. 24 июля. С. 18–19.
14. Филатов В. В. Тайны Каменного пояса: Очерки истории горного дела на Урале. Екатеринбург: Изд-во УГГА, 2008. 267 с.
15. Янек А. М. Характеристика научной деятельности П. П. Веймарна // Изв. Урал. горн. ин-та в Екатеринбурге. 1918/19. Владивосток, 1920. Т. 1, отд. 4. С. 28–32.

Наталья Владимировна Хисамутдинова,
natalya.khisamutdinova@vvsu.ru
Владивостокский государственный университет экономики и сервиса
Россия, Приморский край, Владивосток, ул. Гоголя, 41

⁶ Все исследователи, работавшие когда-либо в регионе, включая период Гражданской войны, дарили библиотеке Общества свои труды, благодаря чему она обладает уникальной коллекцией прижизненных изданий многих ученых, в том числе из бывшего УГИ.

Дискуссия

О современных научных изданиях на примере журнала «Известия УГГУ» А. Г. Шорин

В первом номере нашего журнала в нынешнем году («Известия УГГУ», № 1 (41), 2016) мы впервые начали печатать статьи на английском языке, что породило дискуссию на тему: «Должны ли русские научные журналы печатать статьи своих авторов на иностранных языках?», которую мы опубликовали во втором номере этого года («Известия УГГУ», № 2 (42), 2016).

Кроме того многие отметили перемены, которые в этом году появились как в дизайне нашего издания, подаче материалов, так и в работе с авторами. Все это вызвало ряд вопросов к редакции.

Здесь мы попытались не только ответить на эти вопросы, но и осмыслить современные научные журналы: что они из себя представляют, как развиваются. Кроме того, это попытка найти место нашего журнала в их ряду и обозначить направление его развития.

Градация научных журналов по уровню развития

При всем многообразии современных научных изданий, все их можно разделить по одному принципу, который очень прост: уровень журнала тем выше, чем более заметна и значима будет статья после публикации в этом издании. Проще говоря, насколько велик шанс, что ее заметят в научных кругах и будут цитировать.

Конечно, можно сказать, что в первую очередь это зависит от уровня самой этой статьи. Да, это так, но не совсем, потому что одна и та же статья может иметь разный резонанс в зависимости от издания, в котором она опубликована.

Следуя этому принципу, мы воспользуемся классификацией научных журналов, предложенной еще в 2006 году научным сотрудником физического факультета университета Умео (Швеция) Александром Талызиным, опубликованной как часть интервью сайту ScienceRF, а затем – уже отдельной статьей – на сайте Researcher@¹. На наш взгляд, она отражает общее положение вещей в мире современных научных журналов, несмотря на то, что составлена исключительно на основе анализа журналов по физике и химии.

Вот эта классификация (приводим ее с сокращениями).

«Журналы можно условно разбить на несколько уровней.

Уровень 0.

Nature, Science. Самый высокий импакт-фактор², самая большая цитируемость. Несмотря на то, что журналы якобы «популярные», в них публикуется масса статей с биохимическим уклоном, где постороннему человеку даже название понять невозможно, все слова – специальные термины. В тоже время 90 % статей, отосленных в эти журналы, даже не посыпаются на рефериование, а возвращаются со стандартной формулой «не интересно широкому кругу читателей». Что это означает на самом деле? Это означает, что статья вряд ли получит 100–200 ссылок и поможет поднять импакт-фактор журнала.

Писать статьи для Nature и Science – особое искусство и обычно пустая тратя времени. Однако если удалось-таки «протолкнуть» – успешная карьера на несколько лет вперед обеспечена. Один и тот же результат, опубликованный в Nature или в рядовом журнале, будет иметь поразительно разный резонанс. На Nature стараются ссылаться даже тогда, когда связь с публикуемой статьей не совсем очевидна, просто чтобы подчеркнуть важность своей работы. Не секрет, что любая статья в этих журналах расценивается как решающий фактор в вопросах финансирования.

Уровень 1.

Лучшие журналы по отдельным наукам. Скажем, в физике – Phys. Rev. Letters, в химии – JACS.

Пробиться в эти журналы тоже очень непросто, но уже реальнее. Обычно статья сразу идет на реview 3-4 рецензентам. Этот уровень публикаций считается весьма высоким, журнал читают и ссылается на него весьма охотно. Однако эффекта автоматического «открывания дверей» публикации уже не производят. Даже несколько статей в таком журнале отнюдь не гарантируют получения работы в нужном месте, хотя, конечно, помогают.

Уровень 2.

«Средние» журналы. В физике и химии это журналы с импакт-фактором где-то около 2–3.

Вполне приличные, публикующие быстро, часто с 1-2 рецензентами. Основное количество публикаций идет именно через эти журналы. По любой тематике есть выбор около 10-15 приблизительно равных по качеству журналов.

Уровень 3.

Журналы с импакт-фактором ниже среднего, часто не набирающие нужного количества статей для полноценных ежемесячных выпусков.

Часто такие журналы публикуют много выпусков с материалами разных конференций. В такие журналы статьи уже посылают неохотно, и в основном лишь когда чувствуют, что данные не слишком высокого уровня по тем или иным причинам. Есть еще, правда, журналы с очень узкой специализацией, им сложно поднять рейтинг; тем не менее, если в специалисты из соответствующей области журнал читают, то и уровень статей будет приличным.

Уровень 4.

«Национальные» журналы. К ним относится большинство российских, к сожалению. Импакт-фактор около единицы или ниже, статьи присыпаются на языке страны, где журнал издается, многие, правда, переводятся на английский (иногда с кошмарными неточностями), но иностранцы в такие журналы статей не присыпают.

Хорошие статьи, конечно, и в таких журналах попадаются, но шансов, что результат заметят в международном сообществе, очень мало.

Уровень «ниже некуда».

Журналы, печатающиеся на родном языке и не переводящиеся на другие. Полный нонсенс, о котором даже сказать что-то сложно. Хотим мы этого или нет – вся реальная наука делается сейчас на английском».

Специфика российских научных журналов

В предложенной классификации абсолютное большинство российских научных журналов попали в самые низшие уровни – уровень 4 и уровень «ниже некуда». Почему?

Причина проста: исторически они создавались в Советском Союзе – стране с «железным занавесом», где наука, как и многое другое, зачастую развивалась в изоляции от мирового сообщества.

Отвеча на возможные возражения, сразу готов признать, что были исключения. Это касалось и научных достижений, и ученых мирового уровня.

В первом случае научные достижения зачастую противопоставлялись западным, что имело смысл только в тот период, когда целый лагерь социалистических стран мог противостоять лагерю стран капиталистических, что потеряло (по большому счету) смысл после раз渲ала Советского Союза и всего социалистического лагеря.

А ученые с мировым именем зачастую публиковались не только в отечественных, но и в зарубежных изданиях, что, собственно, и принесло им мировую известность. Исключения редки и касаются, в основном, лишь засекреченных областей науки.

С начала 90-х годов, когда Россия и страны бывшего СССР вышли из под «железного занавеса», выяснился весьма неприятный факт: оказалось, что целые поколения наших ученых не привыкли общаться (и считаться) с международным сообществом, не владеют иностранными языками и не умеют (а часто – и не хотят) пользоваться иностранными источниками.

Соответственно и журналы (в большинстве своем) так же точно оказались не готовы ни работать с иностранными авторами, ни печатать статьи на иностранных языках, ни выдвигать новые требования к своим постоянным авторам. И по степени престижности публикаций оказались (с точки зрения мировой науки) в самом низу рейтинга.

Со временем часть таких отечественных журналов просто перестали издаваться, либо начали выходить совсем малыми тиражами, доступными только очень узкому кругу ученых, либо вынуждены были начать меняться, ориентируясь уже на международное научное сообщество, с тем или иным успехом.

Начались эти изменения в наших журналах в первую очередь с того, что в них стали публиковать аннотации на иностранном (как правило – английском) языке, которые со временем стали обязательными пра-

¹ <http://old.researcher-at.ru/index.php?option=content&task=view&id=344&Itemid=1>

² Импакт-фактор (ИФ, или IF) – численный показатель важности научного журнала. С 1960-х годов ежегодно рассчитывается Институтом научной информации (англ. Institute for Scientific Information (ISI) Web of Knowledge).

ктически повсеместно. Постепенно требований (в том числе языковых) стало появляться все больше.

В этот процесс включилось и государство в лице Министерства образования и науки РФ, Высшая аттестационная комиссия которого (сокращенно – ВАК) начала формировать список ведущих рецензируемых научных журналов (так называемый «список научных журналов ВАК»). Журналы из этого списка ориентируются (в той или иной степени) не только на российское, но уже и на международное научное сообщество, добиваясь включения в международные системы цитирования, в первую очередь – Scopus и Web of Science, которые начинают фигурировать в приказах Минобрнауки³.

На данный момент российские ученые зачастую делят отечественные журналы по уровню престижности на «ваковские» (журналы, включенные в перечень ВАК) и «скопусковские» (включенные в систему цитирования Scopus). Есть и другие системы цитирования, но Scopus и Web of Science в России сейчас считаются самыми престижными, и публикация в «иностранных», а тем более в «скопусковском» журнале, как правило, является среди наших ученых более престижной, чем в любом из отечественных.

О том, как журналы становятся «ваковскими» и «скопусковскими», а также о плюсах и минусах подобного деления ниже мы попробуем поговорить более подробно.

Журналы перечня ВАК

Список российских научных журналов ВАК – это список журналов, включенных в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве образования и науки РФ для публикации основных научных результатов на соискание ученой степени кандидата наук и на соискание ученой степени доктора наук.

Включение в этот список означает, что журнал отвечает необходимым критериям, сформированным ВАК для современных российских научных изданий по определенным направлениям. В нем ученые будут печататься куда охотнее, чем в таком же журнале, который не включен в этот список, а для соискателей степеней кандидата или доктора наук такие публикации просто обязательны.

Для издания существует два пути для включения в этот список, которые, не являются взаимоисключающими. Первый путь – соответствовать известным критериям ВАКА (о них – чуть ниже), второй – уже быть включенным в одну из международных систем цитирования (есть список этих систем, о котором тоже ниже), и тогда в список ВАК журнал уже включается «автоматически».

Поскольку наш журнал – «Известия УГГУ» – уже прошел по первому пути, став «ваковским», то можно его использовать в качестве примера.

Итак, к началу 2013 года, когда редакцией было принято решение о развитии журнала, это было издание, которое по классификации Талызина находилось на уровне «ниже некуда»: вузовский журнал со статьями только на русском языке; аннотации на английском языке печатались, но «по возможности» (то есть были номера и совсем без аннотаций), периодичность выхода – тоже «по возможности» (как правило, это зависела от наполнения статьями и наличия финанс на издание), обычно – раз в год. В принципе, это было издание, направленное, в первую очередь, на публикацию научных статей ученых и аспирантов своего вуза, с некоторым количеством статей, присыпаемых сторонними авторами. Сразу оговорюсь: все выше сказанное совсем не означает, что в этом журнале не было хороших статей. Были, и, как правило, в каждом номере. Но нужно понимать, что ВАК не делит журналы на «плохие» и «хорошие». Речь идет о соответствии предъявляемым ВАК критериям (большинство из которых достаточно формальны), а журнал им в то время не соответствовал. Мало того: критерии эти постоянно меняются, благодаря чему многие издания из «вылетают» из списка ВАК, то снова в него возвращаются. И тем не менее, среди этих критериев есть «базовые», которые нужно соблюдать обязательно.

Необходимые условия для вступления в список ВАК. Пример их выполнения

Необходимые условия были опубликованы Высшей аттестационной комиссией при Министерстве образования РФ как приложение к решению Президиума ВАК № 8/13 от 02. 03. 2012 г. «О перечне рецензируемых научных журналов и изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций».

Выполнение научным периодическим изданием (как традицион-

ным, так и существующим только в электронной форме) всех перечисленных ниже критерiev⁴:

1. Наличие института рецензирования (для экспертной оценки рукописей). Обязательное предоставление редакцией рецензий по запросам автором рукописей и экспертным советам в ВАК.

Институт рецензирования в журнале «Известия УГГУ» уже существовал. В каждом из научных разделов за рецензии отвечал ответственный редактор из числа членов редакционной коллегии. Менять что-либо в рецензировании не пришлось, потребовалось лишь упорядочить отчетность, для того, чтобы любая рецензия могла быть представлена по первому требованию.

2. Информационная открытость издания. Наличие сетевой версии в Интернете. Аннотации статей, ключевые слова, информация об авторах должны находиться в свободном доступе в Интернете на русском и английском языках, полнотекстовые версии статей в свободном доступе или доступными только для подписчиков не позднее чем через год после выхода журнала.

Для выполнения (в общем – формального) этого требования достаточно было создание «сайта-визитки» – была создана страница на официальном сайте УГГУ (<http://www.ursmu.ru>), где была выложена основная информация о журнале и начали выкладываться все новые номера в формате pdf.

3. Регулярное предоставление информации об опубликованных статьях по установленной форме в систему Российской индекса научного цитирования.

Система Российского индекса научного цитирования (РИНЦ), разрабатываемая в нашей стране с 2005 года – это библиографическая база научных публикаций. РИНЦ регулярно подвергается критике на высокую долю журналов и публикаций низкого уровня, находящихся в этой базе. Однако именно этот факт позволяет любому российскому научному журналу без особых проблем зарегистрироваться в РИНЦ и размещать там информацию о статьях – для этого нужно лишь завести там личный кабинет, заключить договор. Все это вполне выполнимо.

4. Обязательное указание состава редакционной коллегии или совета с указанием учёной степени и учёного звания на сайте научного периодического издания.

Такая информация уже указывалась в каждом номере журнала, нужно было лишь продублировать ее на сайте.

5. Рекомендуется указывать место работы всех авторов, и контактную информацию для переписки в периодическом издании и в Интернете.

Такая информация также уже указывалась в каждом номере журнала.

6. Строгая периодичность. Претендент должен представить не менее 2-х последних выпусков своего издания.

С 2013 года журнал «Известия УГГУ» начал выходить четыре раза в год, со строгой периодичностью: в марте, июне, сентябре и декабре каждого года.

7. Наличие пристатейных библиографических списков у всех статей в формате, установленном журналом из числа предусмотренных действующим ГОСТом.

В номерах журнала встречались статьи без библиографических списков, но очень редко. Такие статьи просто перестали брать для публикации.

8. Наличие ключевых слов для каждой публикации.

В старых номерах это правило не всегда соблюдалось, однако к 2013 году все статьи уже предоставлялись с ключевыми словами.

9. Наличие и строгое соблюдение опубликованных правил представления рукописей авторами.

Правила представления рукописей и так существуют в любом журнале, а вот их строгое соблюдение авторами проверить никак невозможно, так как за автора довести любую рукопись «до ума» может и редактор. Суть этого пункта в том, чтобы статьи в журналах не печатались без редактуры («что прислали – то и напечатали»). У нашего журнала правила существуют, они публикуются в каждом номере, а за их исполнением следит редакция журнала.

10. Отсутствие платы за опубликование рукописей аспирантов.

Плата и не взималась.

11. В случае отказа в публикации статьи редакция обязана направить автору мотивированный отказ.

Обычная практика любого уважающего себя издания.

³Например, приказ № 162 от 5. 03. 2014 «Об утверждении порядка предоставления научными организациями, выполняющими научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы гражданского назначения, сведений федеральными органами исполнительной власти в целях мониторинга, порядка предоставления научными организациями, выполняющими научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы гражданского назначения, сведений о результатах их деятельности научных организаций, выполняющих научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы гражданского назначения, предоставляемых в целях мониторинга и оценки».

⁴ Ниже полужирным шрифтом выделены требования, опубликованные ВАК, обычным – наши комментарии.

12. Наличие ISSN.

ISSN (International Standard Serial Number) – международный стандартный номер периодического издания. Сейчас присваивается в Национальном центре ISSN Российской Федерации (Москва, Кремлевская наб. д.1/9, Российская книжная палата), по заявке. Получение номера связано с определенными трудностями, но все они носят опять же формальный характер. Тем более, что вещь это «разовая» – этот номер присваивается один раз.

13. Наличие подписного индекса ОАО «Роспечать» и/или Объединенного каталога «Пресса России» и/или Каталога российской прессы «Почта России» (не применяется для электронных изданий). Для электронных изданий обязательным является регистрация издания в НТЦ «Информрегистр».

Был выбран вариант получения индекса ОАО «Роспечать». С «Роспечатью» проблем больше, чем с ISSN, так как мало получить подписной индекс, его еще нужно дважды в год продлевать. Делается это для того, чтобы на журнале можно было подписаться в почтовых отделениях. Все это занимает время и стоит денег, но носит опять же формальный характер.

Как видно при ближайшем рассмотрении, этот список требований носит, как это неоднократно подчеркивалось, формальный характер, и поэтому следовать этим требованиям не столь уж и сложно.

Другое дело, что требования эти меняются и усложняются. Так, например, здесь не указано, что периодичность выхода научного журнала должна быть минимум 4 раза в год. Некоторые другие «мелочи» также имеют принципиальное значение.

Поэтому я еще раз подчеркиваю, что мы рассмотрели лишь «базовые» требования, необходимые для включения журнала в список ВАК. Однако и по ним видно, что «ваковским» может при желании стать практически любой из журналов, которые по классификации Талызина изначально попали на самый низший уровень.

Scopus, Web of Science и другие системы цитирования

Обратимся вновь к решению Президиума ВАК № 8/13 от 02. 03. 2012 г., которое мы уже цитоминали выше. Помимо «необходимых условий» для включения журнала в список ВАК, которые идут вторым пунктом, существует еще и «достаточное условие» для включения в этот список – это вхождение издания «в хотя бы одну из систем цитирования – Web of Science, Scopus, Web of Knowledge, Astrophysics, PubMed, Mathematics, Chemical Abstracts, Springer, Agris, GeoRef».

Таким образом, ВАК не только признает эти системы цитирования достаточным условием для включения журнала в собственный список, но и, ставя их первым пунктом, подчеркивает тем самым, что если отечественный журнал уже признан там, то вся формальная бюрократия второго пункта, которую мы разбирали выше, уже не имеет значения.

Давайте попробуем разобраться с указанными системами цитирования.

Научные системы цитирования – это, по сути, библиографические базы данных научных публикаций. Пополняются эти базы данных из научных журналов, с которыми сотрудничают системы цитирования. Журналам выгодно входить в самые крупные и известные системы, а авторам – публиковаться в журналах, которые входят в эти системы, так как таким образом их научные публикации будут с большей вероятностью читаться и цитироваться по всему миру. Каждая из известных систем цитирования присваивает свои индексы (которые могут расти) как авторам, так и журналам.

Самыми авторитетными из существующих международных систем цитирования, чьи индексы признаются во всем мире, считаются Web of Science и Scopus.

Web of Science (WoS) – база данных, объединяющая на своей платформе более узкие базы данных по разным областям науки. Создана на основе Института научной информации (Institute for Scientific Information – ISI), в г. Филадельфия (штат Пенсильвания, США) – коммерческой организации, которая начала заниматься созданием библиографических баз данных еще в 1960 году. Основатель ISI Юджин Гарфильд разработал индекс цитирования научных статей⁵, что позволило высчитывать импакт-фактор⁶ научных журналов⁷. Сейчас ISI является главной частью научного отделения компании Thomson Reuters (в составе канадской медиакорпорации Thomson).

Web of Knowledge (WoK) – поисковая платформа, принадлежащая все той же компании Thomson Reuters, в которую Web of Science (WoS) входит как ее часть (изначальное название Web of Science – Institute for Scientific Information (ISI) Web of Knowledge). В WoK, помимо WoS, входят и другие базы данных (Current Contents Connect, Journal Citation Reports,

Derwent Innovations Index, Zoological Records, BIOSIS Citation Index, MEDLINE, CAB Abstracts, FSTA – Food Science Technology Abstracts, Inspec), а также WoK своим пользователям предоставляет доступ к десятку американских баз данных, которые не входят в эту платформу: например, AGRICOLA – база данных Национальной сельскохозяйственной библиотеки США, PubMed – бесплатная версия MEDLINE, текстовая база данных медицинских и биологических публикаций на английском языке на основе материалов Национальной медицинской библиотеки США и др.

Scopus (ранее – SciVerse Scopus) – сравнительно молодой конкурент WoS, библиографическая и реферативная база данных, принадлежащая издательской корпорации Elsevier, Амстердам (Нидерланды). Эта база данных сегодня заявляется создателями как крупнейшая в мире и имеет самый широкий тематический охват научных статей. Самостоятельно индексирует журналы и авторов, и эти индексы во многих странах (в том числе – в России) являются одним из главных источников получения научометрических данных для проведения оценочных исследований.

Остальные системы цитирования, входящие в список, предлагаемый Президиумом ВАК, являются узкоспециализированными.

Astrophysics (Astrophysics Data System – ADS) – астрофизическая информационная система Национального управления по воздухоплаванию и исследованию космического пространства (NASA), штаб-квартира которого находится в Вашингтоне (США). Astrophysics объединяет статьи по астрономии и физике.

PubMed – база данных, созданная Национальным центром биотехнологической информации США (National Center for Biotechnological Information, NCBI), который в свою очередь является частью Национальной медицинской библиотеки США (United States National Library of Medicine, NLM). И центр, и сама библиотека расположены в г. Бетесда (штат Мэриленд, США). PubMed специализируется на статьях по медицине и биологии.

Mathematics (MathSciNet) – база данных Американского математического общества, Нью-Йорк, США. Издает собственный журнал Mathematical Reviews и объединяет статьи по математике со всего мира.

Chemical Abstracts (Chemical Abstracts Service, CAS) – база данных Американского химического общества. Коламбус (штат Огайо, США). Объединяет статьи по химии и также издает собственный журнал – Chemical Abstracts.

Springer – база данных и хранилище электронных копий журналов и книг, издаваемых международной издательской компанией Springer Science+Business Media (до 1999 г. – Springer-Verlag). Штаб-квартира находится в Люксембурге. Springer занимает в издательском бизнесе второе место в мире после компании Elsevier в области «STM» (science, technology, medicine – англ. наука, технологии, медицина) и специализируется на издании журналов и книг по естественно-научным направлениям (теоретическая наука, медицина, экономика, инженерное дело, архитектура, строительство и транспорт).

Agris (Agricultural Science and Technology) – база данных, которая начала создаваться в 1974 году под патронажем продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (Food and Agriculture Organization, FAO), штаб-квартира которой находится в Риме (Италия). Хотя создавалась эта база данных как корпоративная информационная система стран-членов FAO, сегодня это одна из крупнейших баз, специализирующихся на статьях, посвященных вопросам сельского хозяйства.

GeoRef (World Geographic Reference System) – библиографическая база данных, основанная American Geosciences Institute (AGI), расположенным в городе Александрия (штат Вирджиния, США). База охватывает статьи по геологии и геонаукам.

К слову, в России сегодня вполне могла бы существовать база данных, основанная еще в СССР и сопоставимая с вышеперечисленными. Еще в 1952 году в Москве был создан Институт научной информации АН СССР (с 1955 года – Всесоюзный институт научной и технической информации (ВИНИТИ), ныне – Институт научной и технической информации РАН). В 1974 году ВИНИТИ была предпринята попытка отечественного указателя научного цитирования (УНЦ) – проект, который при дальнейшем развитии мог стать основой для создания отечественной базы данных научных статей. Однако проект не получил финансовой поддержки для своего развития.

Нынешняя российская библиографическая база данных (РИНЦ) начала разрабатываться компанией «Научная электронная библиотека» (eLibrary.ru) лишь в 2005 году и на мировом уровне имеет пока относительно низкий статус.

Как журналы попадают в международные системы цитирования

⁵ Индекс цитирования научных статей, разработанный Юджином Гарфильдом в 1960 году. Хотя идея его была заимствована (первый индекс цитирования был связан с юридическими ссылками и датируется еще 1873 годом), он стал первым индексом, который начал использоваться в научных журналах.

⁶ См. сноска 2 на стр. 1.

⁷ Благодаря импакт-фактору, например, Ю. Гарфильд вычислил, что журналы Science и Nature являются ядром для всей точной науки.

Самый простой вариант для журнала... ничего не делать. В том случае, если журнал динамично развивается, он «автоматически» попадет в ведущие базы данных. Например, для журнала «Известия УГГУ» наиболее подходящей из узкоспециализированных баз является GeoRef. И сейчас наш журнал самой этой системой включен в список изданий рекомендованных для вступления в эту базу данных. Без всяких просьб и заявок.

Подобная стратегия, на первый взгляд кажущаяся пассивной, на самом деле в мире является преобладающей: для большинства англоязычных научных журналов не существует проблемы вступить в Web of Science или Scopus: они попадают туда именно что «автоматически» – в силу того, что сама специфика систем цитирования построена на том, что они сами заинтересованы в расширении своих баз данных.

Однако есть один нюанс, который на практике имеет принципиальное значение: нет проблем именно у англоязычных изданий. Даже статьи на немецком или французском языках в системах цитирования представлены в гораздо меньшем количестве. Поэтому с языковой проблемой сталкиваются издания не только в России.

Оставим в стороне спор о том, почему именно английский сегодня является языком международного общения ученых по всему миру. Еще сто лет назад таким языком был, например, немецкий. Зададимся более прагматичным вопросом: как же решаются эти проблемы в других странах?

Действенный вариант № 1 – издавать журнал на английском языке. Вне зависимости от того, какой язык в стране является национальным. Конечно, один только факт издания журнала на английском языке не является достаточным для цитирования в международных системах, но уже очень сильно повышает шансы на это. Именно по этой причине некоторые российские вузы, желающие иметь издания в базах Scopus или Web of Science, вместо того, чтобы развивать уже существующие свои издания, просто создают новые, специально ориентированные под эти системы цитирования. И зачастую добиваются успеха.

Рецепт прост, хотя и требует определенных затрат: издание изначально создается на английском языке (есть такие, что даже на обложке не печатают вариант названия на русском). В редакционном совете – иностранные ученые (а в идеале, главный редактор – иностранец, как, например, Francine-Dominique Liechtenhan в журнале УрФУ «Quaestio Rossica»). Из русских членов редакколлегии подбираются те, у кого наиболее высокий процент публикаций и рейтинг в зарубежных изданиях. Ну и перевод статей проводится зарубежным агентством с хорошей репутацией (опять же в идеале – верстка и сайт тоже делаются за рубежом). В этом случае у журнала очень большие шансы в короткий срок появиться во всех основных системах цитирования.

Второй вариант – двуязычное издание, то есть вариант на национальном (в нашем случае – русском) языке и его полная английская версия. Такие варианты изданий практиковались еще в СССР, и некоторые из них неплохо котировались в мире. Так, например, именно переводные советские журналы по физике «Успехи физических наук» (УФН) (английская версия «Sov. Phys. Usp.») и «Журнал экспериментальной и теоретической физики» (ЖЭТФ) (английская версия «Sov. Phys. JETP») в 1974 году по импакт-фактору заняли в мировом рейтинге в категории «физика» соответственно 4-е и 6-е места⁸. Сейчас именно переводные отечественные журналы представлены в Web of Science (82% из всех представленных там российских⁹). Впрочем, база Web of Science всегда была (и остается) англоязычной. В отличие от нее, база Scopus помещает у себя и русскоязычные издания, отвечающие определенным условиям. Однако и в этой базе переводные русские издания столкнулись со специфичной проблемой: если изначально там отображалась как русская, так и английская версия журнала, выходящего на двух языках, то с 2005 года отражение русского варианта при наличии англоязычной версии прекратилось¹⁰. Несмотря на такие вот специфические проблемы, переводная версия и сегодня является для многих изданий оптимальным вариантом. Минусы ее, на наш взгляд, в том, что, во-первых, она требует значительных материальных и людских ресурсов, что может себе позволить не каждое издание. Во-вторых, изначально ориентированная лишь на иностранного читателя, такая версия (при наличии русского варианта) практически бесполезна для отечественных читателей и подписчиков, но при этом значительно увеличивает затраты на каждый номер. Ну и, наконец, сам факт перевода, также как и в случае с изданием только на английском языке, еще не гарантирует цитирования в международных базах данных.

Третий вариант. Журнал остается полностью русскоязычным, но в обязательном порядке публикует аннотации на английском языке. Такой журнал почти стопроцентно не попадет в базу Web of Science, но на

Scopus претендовать может.

Четвертый вариант – журнал, где публикуются статьи как на национальном (русском), так и на английском языках. С одной стороны, это, на наш взгляд, некий компромисс, который не страдает ущербностью двух первых вариантов (ориентирование только на иностранного читателя без учета интереса русскоязычного). С другой стороны такой журнал, хотя и будет иметь мало шансов в Web of Science, но также вполне может претендовать (при выполнении определенных условий) быть представленным в Scopus.

Именно этот вариант может позволить изданию развиваться, не теряя и свой язык, и свое лицо. Это мы попробуем доказать на примере журнала «Известия УГГУ».

Необходимые условия для вступления в Scopus

Так же как мы рассматривали критерии, которые необходимо выполнить изданию для вступления в список ВАК, можно рассмотреть и условия, необходимые для вступления в Scopus.

«Базовые» условия известны и относительно просты.

1. Издание должно иметь англоязычное название и публиковать англоязычные версии аннотаций всех научных статей (оценивается качество англоязычных аннотаций); полные тексты статей могут публиковаться на любом языке.

2. Периодическое издание должно публиковать новые выпуски с регулярностью не менее, чем 1 раз в год.

3. Общее качество издания должно быть высоким. Оценка качества происходит по следующим критериям:

- авторитетность, в том числе репутация коммерческого издателя или научного общества;

- разнообразие мест работы авторов, международный научный авторитет ведущих членов редакколлегии и разнообразие мест их работы (среди прочего, учитывается цитируемость членов редакколлегий и авторов журналов в изданиях, уже индексирующихся Scopus);

- популярность и доступность, в том числе количество ссылок на издание в базе данных Scopus, количество учреждений, выписывающих издание; базы данных информационных агрегаторов, у которых уже индексируется издание, количество запросов на включение издания в Scopus;

- политика издания должна предусматривать определенную форму контроля за качеством публикаций (например, научное рецензирование);

- издание должно иметь собственный веб-сайт с англоязычными версиями страниц (оценивается качество главной страницы издания); наличие на веб-сайте полных текстов статей не является обязательным требованием, но это желательно для обеспечения возможностей бесприятственного перехода со страниц Scopus к страницам полных текстов статей («View at Publisher»).

Экспертным советом CSAB обрабатываются все запросы на включение новых названий изданий в Scopus, но экспертным советом практически всегда отклоняются запросы на включение изданий, не имеющих

- ISSN;
- стабильной регулярности выхода новых выпусков;
- списков пристатейных библиографий;
- англоязычных аннотаций к каждой статье;
- аппарата рецензирования;
- собственного веб-сайта.

Кроме того, обычно, но не всегда отклоняются запросы на индексацию в базе данных отраслевых изданий, которые не соответствуют критериям выбора по типу документов, и запросы на включение журналов, которые были включены в Scopus в 2004 году (когда была запущена база данных), но в дальнейшем исключённые из неё.

Как мы уже говорили, перечисленные критерии являются «базовыми» и не всегда достаточны для вступления в Scopus. Более детально эта тема рассматривается в специальных публикациях. Например, признанным экспертом в России по этому вопросу сегодня является Ольга Кириллова¹¹, которая читает лекции, посвященные этой теме, проводит семинары, в том числе и в Екатеринбурге, где она активно сотрудничает с УрФУ.

После перечисления «критерии» может создаться впечатление, что все научные журналы, стремящиеся в Scopus, неизбежно становятся погожими друг на друга.

На наш взгляд, это не так.

Мы считаем, что стремление быть индексированными в международных базах данных может не только порождать новые журналы, созданные специально под эти критерии, но и стать стимулом для разви-

⁸ Аксентьева М. С., Кириллова О. В., Москалева О. В. К вопросу цитирования в Web of Science и Scopus статей из русских журналов, имеющих переводные версии // Научная периодика: проблемы и решения. № 4(16), 2013. С. 5.

⁹ Там же. С. 6.

¹⁰ Там же. С. 9.

¹¹ Кириллова Ольга Владимировна, директор Учебно-консультационного центра НП НЭИКОН, консультант-эксперт БД Scopus, канд. техн. наук (г. Москва).

тия уже существующих изданий, которые при этом могут не только сохранять присущую им уникальность, но и подчеркивать право на «свое лицо».

Свой путь, свое лицо

Здесь я буду рассказывать о журнале «Известия УГГУ». О том, как сейчас меняется журнал. Сразу оговоримся: мы не утверждаем, что наш путь «единственно правильный». Мало того: нет гарантии, что именно этот путь является кратчайшим для вступления в Scopus или другие международные базы данных. В данном случае это описание всех тех изменений, которые происходят сейчас в журнале с попыткой их осмысления, которые, на наш взгляд, важны не только (и не столько) сотрудникам журнала, сколько нашим авторам, потому что без них настоящие изменения просто невозможны.

Итак, начиная с первого номера нынешнего года (выпуск 1(41), 2016) журнал «Известия УГГУ», уже на тот момент став «ваковским», начал еще больше меняться, что не могли не отметить наши постоянные авторы и читатели.

Обложка. Изменился не только сам дизайн обложки (до этого дизайн был неизменным с 2008 (!) года), но и уровень информации, размещенной на ней. Во-первых, название стало указываться на двух языках: русском и английском. Во-вторых, в верхнем правом углу выпуска указан номер ISSN. В-третьих, в нижнем правом углу размещен адрес сайта журнала.

Сайт. В отличие от требований ВАК, для формального выполнения которых достаточно создание «сайта-визитки», где отражается лишь основная информация о журнале, сайт любого современного издания – это самостоятельная информационная база, которая намного больше, чем очередной номер издания. Номер является лишь частью сайта, именно поэтому, например, возможно в печати номера использовать мелкий шрифт (как в выпуске 2 (42) «Известий УГГУ»), ведь в электронном виде с помощью увеличения можно выбрать любой размер, более удобный для чтения.

Так как редакция «Известий УГГУ» следует концепции «открытого доступа», то любой номер – от первого до самого свежего – можно посмотреть в архиве. Электронная версия журнала зарегистрирована и имеет отдельный ISSN.

От редакции списком выделены лучшие (на наш взгляд) публикации каждого номера.

Доступна информация о членах редакционного совета и об авторах журнала, доступна обратная связь с ними. Также можно ознакомиться с тем, как редакция определяет цели и задачи журнала, с издательской этикой и требованиями, которые предъявляются авторам при рассмотрении рукописей. Отдельная статья посвящена истории журнала.

Все основные материалы сайта можно читать как на русском, так и на английском языке.

История журнала. На обратной стороне обложки каждого номера помещена копия обложки самого первого номера журнала. Тем самым редакция подчеркивает преемственность современного издания с тем журналом, который издавался основателем и первым ректором Уральского горного института П. П. фон Веймарном.

Именно история журнала помогает обновленному изданию создавать «свое лицо», поэтому к Веймарну у нас особое отношение. Дело в том, что первый номер журнала, под названием «Известия Уральского горного института», выпущенный Веймарном по итогам 1918–19 учебного года, соответствовал международным стандартам, опережая большинство отечественных научных журналов того времени. Он издавался на трех языках (русский, немецкий, английский) и был ориентирован на всемирное научное сообщество, при этом не забывая уделять внимание истории своего университета.

Многие статьи Веймарна остались актуальными по сей день, поэтому мы вновь опубликовали самые интересные из его трудов, а также в нескольких статьях рассказали о самом Веймарне как об ученом мирового уровня, ныне незаслуженно забытом.

Редакционный совет. Редакционный совет журнала претерпел изменения. Он был разбит на две части: собственно редакционный совет и экспертный совет. Таким образом мы разделили ученых, участвующих в формировании журнала, на тех, кто принимает в этом участие регулярно (редакционный совет) и тех, кто приглашается лишь время от времени в качестве экспертов (экспертный совет).

Кроме того, пополнился сам состав, в том числе иностранными учеными.

Публикации на английском языке. Начиная с первого номера нынешнего года (выпуск 1(41), 2016) журнал «Известия УГГУ» начал принимать к публикации статьи на английском языке. Приемлемы два варианта: статья на английском с русской аннотацией или статья на русском языке и ее перевод на английский язык.

Первые публикации статей на английском предваряла перепечатка статьи Веймарна – также на двух языках¹², что опять же подчеркивает преемственность современного издания традициям, заложенным П. П. фон Веймарном.

В дальнейшем редакция не исключает публикации в журнале научных статей и на других языках – например, немецком.

Журнал – это не сборник статей. Журнал отличается от сборника статей, тематически собранных под одной обложкой, не только периодичностью выхода. Редакция проводит собственную политику развития издания, общается со своим читателем.

Примером общения с читателями в нынешнем году можно привести публикации в рубрике «Дискуссия»¹³. Так же к традиционным в нашем журнале рубрикам «История университета» и «Юбилейные даты» мы, кроме «Дискуссии», добавили рубрики «История горного дела на Урале» и «Рецензии».

В дальнейшем возможно появление новых рубрик и публикаций вне научных разделов журнала. Примером такой публикации можно считать и эту статью.

Нововведения для авторов журнала

Научный журнал не может (и не должен) развиваться только силами редакции. Предъявляя новые требования к себе, мы предъявляем их и к авторам, которые хотят публиковаться в нашем журнале.

Требования к оформлению высыпаемых 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. Рекомендуем 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 УДК¹⁴, начиная со второго номера нынешнего года (№ 2 (42), 2016) каждой статье редакция в обязательном порядке присваивает 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.

Номер DOI позволяет научной статье гарантированно открываться и быть доступной для поиска в сети. Это совершенно необходимо для того, чтобы автору было легко цитировать статью с помощью Интернета, не затрудняя себя ее поисками в библиотеках и архивах.

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 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 научной 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. Желающим достаточно сделать заявку в редакцию.

Качество перевода. Редакцию не устраивает перевод аннотаций (а тем более – статей) с помощью электронных переводчиков. Если вы не уверены в своем переводе, обратитесь за помощью в редакцию. Лучше не предоставить никакого перевода, чем перевод низкого качества.

Качество рисунков. Рисунок должен сохранять качество при увеличении, ведь 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.

¹² Фон Веймарн П. П. Новый мир химических соединений (гомохимические соединения) // Изв. УГГУ. 2016. № 41. С. 7–11.; A new world chemical compounds (homoschemical compounds) by P. R. fon Weimarn // Изв. УГГУ. 2016. № 41. С. 12–16.

¹³ Например: Должны ли научные журналы печатать статьи своих авторов на иностранных языках? // Изв. УГГУ. 2016. № 42. С. 94–96.

¹⁴ Универсальная десятичная классификация, используемая для систематизации статей по областям знаний.

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, сотрудничавших с журналом. Делается это для того, чтобы личные отношения не влияли на качество рецензии. Автор также не знает своего рецензента.

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. Таким образом мы поддерживаем разнообразие тем и авторов, исключая

превращение журнала в «домашнее» издание. 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 опубликовать статью в другом журнале, с которым у нас заключен договор по обмену статьями.

Заключение

Сегодня журнал «Известия УГГУ» находится в постоянном поиске новых путей для развития, и мы открыты к диалогу с нашими авторами и читателями.

Любые замечания и предложения просим направлять к нам по адресу: 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30. Уральский государственный горный университет, к. 3142. Тел. (343) 251-15-95. E-mail: iuggu-journal@yandex.ru. Адрес сайта: www.iuggu.ru.

Александр Георгиевич Шорин,
sandy_blood@mail.ru
Уральский государственный горный университет
Россия, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

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 учебных пособий 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.

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 , \ln , \arg , grad , const и т. д.), числа или критерии (Re – Рейнольдса и т. д.), названия температурных шкал ($^{\circ}\text{C}$ – 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 библиографического списка

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>

Ответственный секретарь Шорина Э. В.
Перевод Шиварёва Е. П.
Редактор Шорин А. Г.
Корректор Пихтовникова О. Г.

Подписано в печать 2.09.2016. Формат 60 × 84/8. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 15,5. Тираж 500. Заказ № 18.

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 Универсальная Типография «Альфа Принт»
620030, г. Екатеринбург, ул. Карьерная, д. 14