Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Забайкальский государственный университет»

ВЕСТНИК

ЗАБАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНАЛЬНОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

Общественно-научный журнал

Забайкальский государственный университет
Чита
2016

Рекомендовано к изданию
Советом по научной и инновационной деятельности
Забайкальского государственного университета

Recommended for publication
Council for Research and Innovation
TransBaikal State University

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ
Г. А. Юргенсон (гл. редактор)
С. Я. Березин,В. М. Герасимов
В. П. Мязин, А. И. Трубачёв
Л. В. Шумилова

EDITORIAL TEAM
G.A. Yurgenson (Editor-in-chief)
S. Y. Berezin, V. M. Gerasimov
V. P. Myazin, A. I. Trubachev
L. V. Shumilova

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ
О. Л. Кузнецов (председатель)
И. Л. Гейхман, Е. А. Козловский
А. В. Лагуткин, А. И. Мелуа
А. Н. Никитин, В. С. Новиков
Ю. А. Рахманин, В. К. Сенчагов
С. В. Степашин, В. Г. Тыминский (Германия)
Г. Н. Фурсей, Дж. Чилингар (США)

EDITORIAL COUNCIL
O. L. Kuznetsov (Chairman)
I. L. Geykhman, E. A. Kozlovsky
A. V. Lagutkin, A. I. Melua,
A. N. Nikitin,V. S. Novikov,
Yu. A. Rakhmanin, V. K. Senchagov,
C. V. Stepashin, V. G. Tyminsky (Germany),
G. N. Fursey, J. Chilingar (USA)

Вестник Забайкальского регионального отделения Российской академии естественных наук : обществ.-науч. журнал / Забайкал. гос. ун-т ; гл. ред. Г. А. Юргенсон. – Чита : ЗабГУ, 2016. – 96 с.
ISBN 978-5-9293-1831-3

В журнале представлены статьи, в которых обсуждаются общие проблемы современного естествознания, медицины, геологии и геохимии благородных и редких металлов, приведены новые данные в области техники и технологии обогащения полезных ископаемых и горного производства, сопротивления материалов, криологии, рационального природопользования, природоохранных технологий и геоэкологии.

Сборник представляет интерес для специалистов в области общих проблем естествознания, медицины, геологии, горного производства и геоэкологии. Материалы будут полезны для специалистов горного производства, студентов, магистрантов и аспирантов в указанных областях знаний.

Bulletin of the TransBaikal Regional Branch of the Russian Academy of Natural Sciences : periodical TransBaikal Regional Branch of the Russian Academy of Natural Sciences / Zabaykal. State University ; Ch. Ed. G.A Yurgenson. – Chita : ZabGU, 2016. – 96 p.
ISBN 978-5-9293-1831-3

The publication contains articles that discuss common problems of modern natural science, medicine, geology and geochemistry of noble and rare metals, given the new data in the field of technology and enrichment technology minerals and mining industry, strength of materials, Cryology, environmental management, environmental technologies and Geoecology.

The collection is of interest to specialists in the field of the common problems of natural sciences, medicine, geology, mining production and geo-ecology. The materials will be useful for specialists of mining, students, undergraduates and graduate students in these fields.

© Забайкальский государственный университет, 2016

СОДЕРЖАНИЕ

ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ. ОБЩИЕ ПРОБЛЕМЫ

Шумилова Л. В. Деятельность Забайкальского регионального отделения Российской академии естественных наук как важнейший фактор устойчивого интеллектуального развития Забайкальского края 5

Павленко Ю. В. Особенности формирования Вселенной 20

Юргенсон Г. А. К проблеме изучения геохимии редких и редкоземельных химических элементов в геотехногенных ландшафтах горнопромышленных территорий в Забайкалье 25

МЕДИЦИНА

Говорин А. В., Романова Е. Н. Генетические особенности у больных гриппом H1N1/09, осложнённым пневмонией 30

ГЕОЛОГИЯ

Трубачёв А. И., Манзырев Д. В., Лавров А. Ю., Петров А. Р. Геолого-технологические особенности песков россыпей с «тонким» и дисперсным золотом (на примере месторождений «Алия» и «Кручина») 39

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

Герасимов В. М. Исследование деформации материалов на основе волокнистых полимерных сред, используемых в геотехнологических мембранных устройствах 43

Конарева Т. Г., Лавров А. Ю., Ланков Б. Ю. Перколяционное выщелачивание золота фотоэлектроактивированными растворами на руднике «Апрелково» 48

Лавров А. Ю., Рубцов Ю. И., Манзырев Д. В., Конарева Т. Г. Экспериментальные исследования процессов активационного кучного выщелачивания золота из упорных руд месторождения «Погромное» 51

Лавров А. Ю., Ерёмин А. М., Конарева Т. Г. Электросорбционное извлечение золота с фотоэлектрохимической подготовкой пульп в системах чанового и кюветного выщелачивания 55

Нехорошев Н. Е., Соложенкин П. М. Исследование технологии переработки руд «Железного кряжа» 58

Паланкоев И. М., Мишедченко О. А. Исследование влияния буровзрывных работ при рыхлении пород в забое вертикального ствола, проходимого способом искусственного замораживания, на герметичность замораживающих колонок 65

КРИОЛОГИЯ

Шестернёв Д. М. Массивы крупнообломочных горных пород как крупнодисперсные грунтовые системы 71

ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ГЕОЭКОЛОГИЯ

Кузьминых Е. Н. Рациональное природопользование на примере отдельных объектов добычи декоративно-облицовочного камня Северо-Западного региона 77

Мязин В. П., Шекиладзе В. Т. Инновационные разработки по совершенствованию природоохранных технологий биологической рекультивации хвостохранилищ и горных отвалов в условиях Забайкалья 87

Чмыхалова С. В., Токмакова А. А., Воронина Л. А. К вопросу о рекультивации земель, нарушенных горными градообразующими предприятиями 92

НАШИ ЮБИЛЯРЫ

Мязину Виктору Петровичу – 75 лет 95

CONTENTS

NATURAL SCIENCES

Shumilova L.V. The activities of the Transbaikal regional branch Russian Academy of natural Sciences as a key factor for sustainable intellectual development of the Transbaikal region 5
Pavlenko Yu. V. Features of formation of the Universe 20
Yurgenson G. A. The problem of the study geochemistry of rare chemical elements and rare earth elements in geotehnogenical landscapes of mining areas in Transbaikalia 25

MEDICINI

Govorin A.V., Romanova E. N. Genetic features of the patients with influenza H1N1/09, complicated by pneumonia 30

GEOLOGY

Trubachev A. I., Manzyrev D. V., Lavrov A. Yu., Petrov A. R. Geological and Technological Specifications of Fine Placer gold from Aliya and Krutchina Deposits 39

TECHNIC AND TECHNOLOGY

Gerasimov V. M. The study of deformation of materials based on fibrous polymeric media used in geotechnological membrane devices 43
Konareva T. G., Lavrov A. Yu, Lankov B. Yu. Percolation Leaching of Gold with Photo-Electro-Activated Solutions at Aprelkovo Ore Mine 48
Lavrov A. Yu., RubtsovYu. I., Manzyrev, D. V., Konareva T. G. Field Research of Activated Heap Leaching of Gold from Pogromnoe Deposit of Rebellious Ore 51
Lavrov A. Yu., Eremin A. M., Konareva T. G. Electro-Sorption Recovery of Gold with Photo-Electrochemical Pre-Treatment in Tank and Bath Leaching Systems 55
Nekhoroshev N. E.,Solozhenkin P. M. Study of technology for zhelezny kryazh ore processing 58
Palankoev I. M., Mishedchenko, O. A. Investigation of the blasting works influence on the leak tightness of freezing pipes, while rock loosening in the shaft bottom for shafts, sinking under artificial ground freezing method, authors credentials 65

CRIOLOGY

Shesternev D. M. Coarse rock fragment massifs as coarse soil systems from an engineering prospective 71

NATURE USE AND GEOECOLOGY

Kuz'minykh E. N. Environmental management on the example of individual objects of ornamental stones mining in North-West region. 77
Myazin V. P., Shekiladze V. T. Innovations to improve environmental technologies biological r eclamation of tailings and waste dumps in the conditions of Transbaikalia 87
S. V. Chmykhalova, A. A. Tokmakova, L. A. Voronina The question of the reclamation of land disturbed City-forming mining-company 92

OUR ANNIVERSARIES

Myazin Viktor Petrovich – 75 years 95

ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ. ОБЩИЕ ПРОБЛЕМЫ

УДК 378:5:001(571.55)

Л. В. Шумилова,
доктор технических наук, профессор,
Забайкальский государственный университет,
г. Чита, Россия

Деятельность Забайкальского регионального отделения Российской академии естественных наук как важнейший фактор устойчивого интеллектуального развития Забайкальского края

Изложены основные цели и задачи отделения РАЕН. Рассмотрены основные направления научной политики ЗРО РАЕН: минерально-сырьевая база Забайкальского края, научные открытия, наукоёмкие и ресурсосберегающие технологии на примерах деятельности ведущих учёных края. Определены роль и значение Забайкальского государственного университета в становлении и развитии отделения. Охарактеризовано сотрудничество ЗРО РАЕН с уполномоченными государственными службами и руководящими государственными структурами Забайкалья. Дана краткая справка об основных направлениях реализации региональных программ и издательской деятельности. Намечены перспективы инновационного развития ЗРО РАЕН.

Ключевые слова: *Забайкальское региональное отделение Российской академии естественных наук, учёные, лидирующая роль, координация исследований, фундаментальные исследования, прикладные исследования, региональные программы развития, издательская деятельность*

L. V. Shumilova,
Doctor of Technical Sciences, Professor,
Transbaikal State University,
Chita, Russia

The activities of the Transbaikal regional branch Russian Academy of natural Sciences as a key factor for sustainable intellectual development of the Transbaikal region

Set out the main aims and objectives of the Department. The main directions of scientific policy ZRO Ryan: mineral resources base in Zabaykalsky Krai, scientific discoveries, high-tech and resource-saving technologies examples of activities of the leading scientists of the region. Identified the role and importance of the TRANS-Baikal state University in the development office. Characterized by cooperation ZRO RANS with the competent public services and governing state structures of Transbaikalia. Given the brief information about the main directions of realization of regional programs and publishing activities. The prospects of innovative development of the equal treatment act RANS.

Keywords: *TRANS-Baikal regional branch of the Russian Academy of natural Sciences, the scientists, the leading role, the coordination of research, fundamental research, applied research, regional development programmes, publishing activities*

В 2015 г. Российская академия естественных наук (далее – РАЕН) отметила свой 25-летний юбилей. Академия создана учредительным съездом 31 августа 1990 г. в Москве по инициативе ряда выдающихся учёных России. В деятельности РАЕН на этапе становления большую роль сыграли следующие отечественные учёные: Д. А. Минеев (первый президент Академии), В. Г. Тьминский (первый главный учёный секретарь Академии), С. С. Аверинцев, В. И. Гольданский, С. П. Капица, О. Л. Кузнецов (президент РАЕН), Е. Е. Милановский, Е. М. Примаков, М. И. Щадов, В. Ж. Аренс (вице-президент РАЕН), Н. К. Байбаков, В. П. Маслов, Д. И. Мировицкий, Г. В. Ионова, В. И. Костиков, В. И. Нефёдов, С. И. Набоко, А. Г. Гамбурцев, Е. А. Радкевич, Г. А. Заварзин, К. С. Басниев, А. Д. Петровский, Л. В. Иваницкая (первый вице-президент и главный учёный секретарь Академии) и многие другие, представлявшие академическую, вузовскую и отраслевую науку. В числе учредителей Академии были выдающиеся учёные, авторы фундаментальных научных открытий, академики АН СССР: А. М. Прохоров, Д. С. Лихачёв, А. Л. Яншин, В. И. Гольданский, Г. Н. Флеров, Н. П. Юшкин.

Появление новых общественных творческих союзов, научных обществ и академий в 1990-е гг. было ре-

зультатом самоорганизации активной части социума российских учёных, численность которых составляла более 12 % всех учёных мира. Этот процесс самоорганизации научного сообщества был ускорен стремлением России занять подобающее место в мировом разделении труда, встать на путь инновационного развития экономики, реально построить общество, основанное на знаниях.

Забайкальское региональное отделение РАЕН зарегистрировано Управлением Министерства юстиции Российской Федерации Забайкальского края (Читинской области) 14 апреля 1998 г. за номером 490. Забайкальское региональное отделение Российской академии естественных наук (далее – ЗРО РАЕН) действует как творческий научно-производственный центр на территории Забайкальского края. Руководящий орган – бюро ЗРО РАЕН.

Отделение образовано в переломное для страны и Забайкалья время, и за 18 лет своего существования превратилось в одну из авторитетных общественных научных организаций, получивших признание как в России, так и за рубежом.

Сегодня отделение объединяет в своих рядах 24 учёных Забайкальского края, из них 20 докторов технических наук, геолого-минералогических и медицинских наук, 4 кандидатов технических наук, в том числе 6 действительных членов, 16 членов-корреспондентов и 2 советника РАЕН. В состав отделения входят депутаты Государственной Думы, три депутата Законодательного собрания Забайкальского края и депутат Думы городского округа «Город Чита».

Забайкальское региональное отделение РАЕН объединяет учёных многих направлений – горняков и геологов, строителей, машиностроителей, медиков, технологов, естествоиспытателей, экологов, созидателей наукоёмких технологий, – движимых общим стремлением способствовать самовыражению творческой личности, рождению новых учёных и научных направлений, формированию современно мыслящего члена гражданского общества. Отделение выполняет лидирующую роль в организации и координации фундаментальных и прикладных исследований в области естественных и технических наук в Забайкальском крае.

В. П. Мязин,
действительный
член РАЕН

Председателем ЗРО РАЕН является его основатель, избранный по конкурсу член-корреспондентом от Восточно-Сибирского региона, а в настоящее время действительный член РАЕН, доктор технических наук, профессор, Заслуженный профессор ЗабГУ, Заслуженный работник высшей школы РФ, Заслуженный деятель науки РФ, на протяжении многих лет (1978–2013 гг.) возглавлявший кафедру «Обогащение полезных ископаемых и вторичного сырья» Забайкальского государственного университета, Виктор Петрович Мязин.

Непосредственным руководителем и куратором ЗРО РАЕН (председатель горно-металлургической секции) от Российской академии естественных наук в течение многих лет (1998–2014 гг.) был Виктор Жанович Аренс – вице-президент РАЕН с 1992 г.

Виктор Жанович создал новое научное направление по геотехнологии, в рамках которого проводятся исследования и разработки в области физико-химических методов добычи полезных ископаемых через скважины. Уточнил предмет, систему методов и задачи горных наук. Он является автором десятков научно-методических и учебных разработок для горных вузов страны. В. Ж. Аренс – Заслуженный деятель науки и техники РФ, обладатель Государственной премии Туркменской ССР и ордена Трудового Красного Знамени, а также медалей шахтерской славы трёх степеней.

В. Ж. Аренс,
вице-президент РАЕН,
действительный член РАЕН

Основными целями
и задачами отделения являются

– развитие науки, образования, культуры, содействие в подготовке высококвалифицированных научных кадров как важнейшего фактора устойчивого интеллектуального развития региона;

– участие в фундаментальных и прикладных научных исследованиях в области естественных и гуманитарных наук, разработка и реализация приоритетных исследовательских программ и внедрение их результатов в производство;

– Разработка программ обеспечения безопасности жизнедеятельности человека и общества в целом, включая проблемы экологии и информационной безопасности;

– проведение независимой общественной экспертизы крупных научных и хозяйственных проектов научно-исследовательских программ и научных открытий.

1. Основные направления научной политики ЗРО РАЕН

1.1. Минерально-сырьевая база Забайкальского края

За последние годы значительно вырос инвестиционный рейтинг Забайкальского края, главным образом, благодаря нарастающему интересу инвесторов к его уникальным минерально-сырьевым ресурсам.

В Забайкальском крае сосредоточена значительная часть общероссийских разведанных запасов урана, молибдена, меди, лития, тантала, ниобия редких земель, германия, флюорита, цеолитов, легирующих металлов (титан, ванадий); имеются ювелирные и поделочные камни; существенную долю общероссийских запасов составляют вольфрам, золото (рудное и россыпное), свинец, цинк, серебро (попутное в комплексных рудах), магнезиты.

Забайкалье обладает крупными запасами и ресурсами углей (каменных и бурых), подземных пресных и минеральных вод; месторождения различных природных строительных материалов могут обеспечить потребности строительного комплекса на длительную перспективу.

Основные перспективы развития горнопромышленного комплекса Забайкальского края связываются с освоением уникальных минерально-сырьевых ресурсов юго-восточного и северного (зона БАМ) районов.

По стоимости разведанных полезных ископаемых Забайкальский участок БАМ сопоставим с крупнейшими горнорудными регионами мира. Кроме того, потенциал территории ещё далеко не полностью раскрыт. Имеются значительные перспективы увеличения запасов меди, железа, угля, газа, титана, ванадия, тантала, ниобия, редкоземельных элементов, циркония, благородных металлов, алюмокалиего сырья. Созданы все предпосылки для создания новых сырьевых баз, хромитов, апатитов, графита, молибдена, вольфрама, благородных металлов, не исключена возможность обнаружения промышленных скоплений алмазов.

Уникальное скопление большого количества весьма дефицитных полезных ископаемых на ограниченной территории создаёт благоприятные предпосылки для формирования на севере Забайкальского края Чарского территориально-производственного комплекса с минерально-сырьевой ориентацией.

Подготовленная на современном этапе сырьевая база в зоне БАМ Забайкальского края обеспечит создание 80–85 тыс. рабочих мест, связанных с освоением недр, а также грузообразование на уровне 20–25 млн т в год. Масштабы этой сырьевой базы способны не только удовлетворить потребности внутреннего рынка на длительный период, но и в значительной мере оказывать влияние на конъюнктуру мирового рынка меди, железа, ванадия, редких металлов, редкоземельных элементов, калийных удобрений и других видов минерального сырья.

Ресурсы сурьмы распределены по субъектам России неравномерно: чётко прослеживается лидирующее положение Забайкальского края. Необходимость освоения минерально-сырьевых ресурсов сурьмы обусловлена повышением мировых цен на сурьмяную продукцию, созданием новых материалов, технологий с использованием сурьмы, резким сокращением поставок сурьмы на мировой рынок основным её производителем (Китаем). Территорию Восточного Забайкалья следует рассматривать в качестве перспективной сурьмяной провинции России.

Практически весь перечень полезных ископаемых обладает высоким потребительским потенциалом как внутри страны, так и за рубежом, особенно в развитых странах Азиатско-Тихоокеанского региона (Япония, Корея, Китай и др.). Освоение этого потенциала позволит решить целый ряд сырьевых проблем внутри страны и обеспечить экспортные поставки в значительных объёмах.

Основными причинами, сдерживающими развитие МСБ и освоение месторождений края, являются: отсутствие перерабатывающих мощностей в регионе; неразвитая инфраструктура; нехватка современного, более производительного оборудования и эффективных технологий добычи; проблема старения и нехватки квалифицированных кадров.

С приходом крупных инвесторов («Норильский никель», «Базовый элемент», «Руссдрагмет» и др.) в Забайкальском крае резко активизировались геологоразведочные работы, а также проектно-изыскательские и подготовительные работы по освоению разведанных месторождений, восстановлению и модернизации старых рудников. Большой вклад в развитие минерально-сырьевой базы Забайкалья внесли учёные ЗРО РАЕН.

Алексей Иванович Трубачёв – член-корреспондент РАЕН, академик МАМР, член Президиума и заместитель председателя ЗРО РАЕН, член редакционной коллегии научного журнала «Вестник РАЕН», профессор кафедры «Обогащение полезных ископаемых и вторичного сырья» Забайкальского государственного университета, доктор геолого-минералогических наук, профессор. Он награждён медалями им. А. Е. Ферсмана и «За укрепление авторитета российской науки», а также является Почётным работником ВПО.

А. И. Трубачёв,
член-корреспондент РАЕН

А. И. Трубачёв принимает участие в научных программах по расширению минерально-сырьевой базы Забайка-

лья, включая стратиформные месторождения; участник и один из организаторов научной школы по изучению стратиформных месторождений в Забайкалье.

Автор более 340 научных трудов, в том числе монографии «Геолого-технологическая оценка и новые геотехнологии освоения природного и техногенного золотосодержащего сырья Восточного Забайкалья» (2011 г.). В 2013 г. написал и издал учебник «Технологическая минералогия» для специалистов по направлению подготовки «Горное дело», а также выпустил монографию «Минеральные ресурсы Забайкальского края».

Основные научные труды посвящены результатам изучения месторождений меди, полиметаллических руд, золота, молибдена, облицовочных камней, разработке на их основе теории рудогенеза и применения её для прогноза, поисков и разведки указанных месторождений (ряд рекомендаций внедрён при оценке стратиморфных меди и золота в Сибирском регионе).

Георгий Александрович Юргенсон – действительный член РАЕН, доктор геолого-минералогических наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ, Почётный гражданин Читинской области, Почётный разведчик недр РФ, Почётный гражданин Читинской области, Почётный член Российского минералогического общества. Имеет множество наград, в том числе медаль им. А. Е. Ферсмана «За заслуги в геологии», Лауреат Всесоюзного и дипломант Всероссийского фестивалей искусств.

Г. А. Юргенсон,
действительный член РАЕН

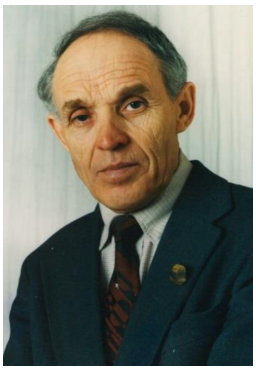
Г. А. Юргенсон – основатель Забайкальской минералого-геохимической научной школы. Разработал следующие новые научные направления: типоморфизм жильного кварца и его использование в практике геолого-разведочных работ; криоминералогенез; геммологическая минерагения; биогеохимическое и минералогическое направление геохимии ландшафта; технологическая археоминерагения. На основе изучения типоморфизма минералов разработал универсальную модель формирования рудоносных кварцевых жил, на базе которой создал и внедрил в производство на территории бывшего СССР и в Монголии способ поисков и разведки постмагматических близповерхностных кварц-золото-серебряных месторождений.

Обосновал и выделил Забайкальско-Монгольскую флюоритоносную провинцию, обосновал выделение Забайкальско-Монгольской агатоносной, Забайкальской хрусталеносной, нефритоносной и изумрудоносной провинций. Изучил 883 объекта камнесамоцветного сырья, из них оценил заново 90 и открыл 17 новых месторождений и проявлений. Внёс существенный вклад в познание минералогии рудных месторождений Афганистана.

Автор и соавтор более 600 научных, научно-популярных и научно-художественных произведений, изданных в России, КНР, Болгарии, Афганистане, Индии и США. Ответственный редактор и соавтор четырёхтомной «Энциклопедии Забайкалья». Один из основателей Читинского отделения Российского минералогического общества и с 1971 г. бессменный его председатель.

Научное открытие и разработка нового научного направления на базе ЗРО РАЕН

Владимир Салихович Салихов – доктор геолого-минералогических наук, профессор. Сделал научное открытие (научная идея и научная теория) и разрабатывает новое научное направление «Генетический код месторождений (геном) – основа локального прогнозирования эндогенных месторождений».



В. С. Салихов,
награждён памятной медалью РАЕН

Методология научного направления работ В. С. Салихова основана на принципе Аристотеля – Лейбница – Маха о всеобщей взаимосвязи явлений природы (который был дополнен далее В. И. Вернадским материалом о связи живого и косного). Сущность данного направления заключается в подходе к геологическому прогнозированию не как к эмпирическому способу познания, исходящему из внешних проявлений процесса рудообразования, рудораспределения и рудолокализации, а как к теоретическому способу, исходящему из внутренних закономерных взаимосвязей элементов рудных объектов, и сводится к анализу всей совокупности геолого-геохимико-геофизических данных, характеризующих внутренние особенности объекта прогнозирования и являющихся отражением условий его формирования для выявления наиболее вероятных мест локализации рудных залежей в земной коре, по крайней мере, позволяет конкретизировать результаты наземных, площадных геохимических работ в выборе наиболее продуктивных геохимических аномалий.

Генетический код – как единая система записи наследственной информации месторождений в виде последовательности событий от зарождения рудного вещества, его транспортировки и далее – формирование промышленных рудных залежей. По зональным кристаллам (подобно годичным кольцам на срезе дерева) можно проследить их историю (эволюцию), фиксируя наиболее благоприятные периоды их становления и время проявления (т. е. в динамике, 4D), используя электронно-зондовые, изотопно-геохимические характеристики и другие тонкие аналитические методы.

Построенная в конечном итоге объёмная прогнозно-поисковая модель месторождения позволит составить алгоритм и наиболее оптимальную технологическую схему реализации геологоразведочного процесса, что позволит расширить сферу деятельности действующего горнорудного предприятия и более целенаправленно ориентироваться в земных недрах.

Владимир Салихович развил представления о формировании медного оруденения в истории эволюции Земли, обосновал генетическое родство геолого-промышленных типов медного оруденения и образования их в единой структуре. Он один из первооткрывателей месторождения тулитита.

Награждён медалью им. А. Е. Ферсмана «За заслуги в геологии» и медалью академика П. Л. Капицы «За научное открытие».

Автор более 100 научных публикаций, в том числе 6 монографий.

Алексей Геннадьевич Верхотуров – советник РАЕН, кандидат геолого-минералогических наук, заведующий кафедрой гидрогеологии и инженерной геологии Забайкальского государственного университета, Почётный работник высшего образования РФ.

А. Г. Верхотуров, советник РАЕН

Специалист в области изучения и борьбы с опасными криогенными процессами. Имеет оригинальные разработки по составлению программ мониторинга экзогенных геологических процессов для Амурской области и Забайкальского края и внедрения их в практику инженерно-хозяйственного освоения территорий. Разработал научно-методические основы оценки воздействия деградации криолитозоны на геологическую среду при освоении месторождений цветных и благородных металлов (на примере Забайкалья).

Автор и соавтор более 130 научных работ, имеет один патент на изобретение.

1.2. Наукоёмкие и ресурсосберегающие технологии. Энергосбережение

Сергей Анатольевич Иванов – член-корреспондент РАЕН, ректор Забайкальского государственного университета, доктор технических наук, профессор, Депутат Думы городского округа «Город Чита», Заслуженный деятель науки и техники Читинской области, Заслуженный работник высшей школы РФ, Почётный работник высшего образования Российской Федерации.

Сергей Анатольевич за период с 2010 по 2015 г. разработал оригинальный способ очистки дымовых газов котлов с применением местного природного сырья (цеолитов); предложил ряд способов и методов оптимизации режимов работы и тепловых схем ТЭС.

С. А. Иванов, член-корреспондент РАЕН, ректор ЗабГУ

С. А. Иванов – основатель Забайкальской школы учёных-теплоэнергетиков; под его руководством внедрено более 300 энергосберегающих мероприятий на различных объектах региона, дающих значительный экономический эффект. Активно работает в области промышленной безопасности.

Автор более 135 научных публикаций, в том числе монографий и учебных пособий, 14 авторских свидетельств на изобретения и патентов.

Уран России

Крупнейшим из действующих предприятий является ОАО «Приаргунское производственное горно-химическое объединение (ППГХО) “Госкорпорация Росатом”». Это единственное в России предприятие по добыче и переработке урановых руд. Конечной продукцией является окись-закись урана как исходное сырьё для получения ядерных продуктов более высокой степени обогащения. Предприятие является многопрофильным: помимо основной продукции производит добычу марганцевой руды, известняка, цеолитов, вырабатывает серную кислоту для технических целей, попутно получает молибденовую продукцию, ведёт добычу угля, вырабатывает электроэнергию, выпускает горно-шахтное оборудование.

Василий Афанасьевич Овсейчук – член-корреспондент РАЕН, профессор, доктор технических наук. Имеет награды «Ветеран атомной промышленности России», орден «За заслуги перед отечеством» IV степени, полный кавалер трёх степеней знака «Шахтёрская слава», кавалер серебряного знака «300-летие горнорудной промышленности России.

Основное научное направление исследований В. А. Овсейчука – 25.00.22 *Геотехнология* (подземная, открытая и строительная): повышение эффективности разработки скальных руд урановых месторождений, физико-техническая и физико-химическая геотехнология.

В. А. Овсейчук,
член-корреспондент РАЕН

В 2014 г. стал лауреатом премии им. Ю. В. Кулагина (первого ректора Забайкальского государственного университета, тогда – Читинского политехнического института) за научный вклад в расширение минерально-сырьевой базы Забайкалья и разработку новых технологий для добычи и переработки руд урановых месторождений Забайкалья.

Автор более 140 научных трудов, в том числе 8 изобретений, 8 методических указаний и учебных пособий, 4 монографий.

На ОАО «Приаргунское производственное горно-химическое объединение» проведены опытные работы по ускорению извлечения урана периодическим нагревом замагазинированной руды при подземном шахтном способе выщелачивания. В результате проведённых экспериментальных исследований доказано, что применение предлагаемого способа разработки урановых руд, залегающих в устойчивых и средней устойчивости горных породах, позволяет сократить сроки отработки запасов полезного ископаемого не менее чем в 1,5 раза. Кроме того, обеспечивается увеличение выхода конечного продукта за счёт его попутного извлечения из комплексных (урансодержащих) углей.

Новые технологии и их экологическая безопасность

Евгений Тимофеевич Воронов – действительный член РАЕН, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности Забайкальского государственного университета.

Е. Т. Воронов,
действительный член РАЕН

В 2014 г. ректор ЗабГУ С. А. Иванов вручил Е. Т. Воронову, одному из ведущих учёных Забайкалья в области безопасности труда горняков, Заслуженному деятелю науки РФ, медаль «За заслуги перед Забайкальским краем».

Вся научно-педагогическая деятельность Е. Т. Воронова связана с Забайкальем, где он прошёл путь формирования от молодого специалиста до одного из известных учёных Забайкалья по охране и безопасности труда. Научные исследования Е. Т. Воронова охватывают широкий спектр проблем. Он является ведущим учёным Сибири в таких областях, как борьба с пылью, тепловой режим и вентиляция на рудниках Севера, охрана труда и снижение травматизма при геологоразведочных работах, безопасная технология подземных горных работ в условиях вечной мерзлоты, радиационная безопасность на урановых рудниках России.

Под непосредственным руководством и при личном участии Е. Т. Воронова выполнено более 30 научно-исследовательских работ, по результатам которых подготовлено и издано 4 монографии, 6 учебных пособий, 25 отраслевых методических руководств и рекомендаций и более 200 научных статей.

Е. Т. Воронов создал и развил актуальные для северо-восточных регионов России научные направления по безопасной технологии подземных горных работ в условиях вечной мерзлоты и повышению радиационной безопасности на урановых рудниках России. Под его научным руководством подготовлено 15 кандидатов технических наук. Евгений Тимофеевич является заместителем председателя диссертационного совета по защите докторских и кандидатских диссертаций.

Имеет государственные и отраслевые награды и звания: орден «Знак почёта», Заслуженный деятель науки Российской Федерации, Почётный работник высшего образования России, Отличник разведки недр, Заслуженный работник горнодобывающей промышленности Читинской области, Заслуженный деятель науки и техники.

Основные научные труды Е. Т. Воронова посвящены безопасной геотехнологии ведения подземных горных работ в условиях многолетней мерзлоты, радиационной безопасности на урановых рудниках, минералосберегающим технологиям добычи минерального камнесамоцветного сырья, проблемам вентиляции, борьбе с пылью и радоном, а также снижению травматизма на подземных горных работах Восточной Сибири и Крайнего Севера.

Е. Т. Воронов является президентом Забайкальского регионального отделения Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности (ЗРО МАНЭБ), заместителем председателя диссертационного совета при ЗабГУ, членом межведомственной краевой комиссии по охране труда Забайкальского края, экспертом Забайкальского горнотехнического центра по подземным горным работам, членом редколлегии журналов «Вестник МАНЭБ» (г. Санкт-Петербург) и «Вестник ЗабГУ» (г. Чита).

Механика волокнистых сред

Площадь Забайкальского края составляет 431,5 тыс. км^2, что превышает площадь ряда европейских государств. Протяжённость края с запада на восток составляет более 800 км, с севера на юг – почти 1000 км, перепад высот достигает 2781 м. Общая площадь лесов Забайкальского края по состоянию на 1 января 2015 г. – 34 065,9 тыс. га.

Лесистость Забайкальского края составляет 68,2 % (лесистость России в среднем – 45,3 %). Величина лесистости по отдельным районам края различна: от 5–10 % в южной части края до 90 % в юго-западных и северных районах. Учёные ЗРО РАЕН принимают активное участие в работах по развитию лесопромышленного комплекса Забайкалья.

Виктор Михайлович Герасимов – член-корреспондент РАЕН, на протяжении многих лет (1999–2015 гг.) выполнял обязанности учёного секретаря Забайкальского регионального отделения РАЕН. Заведующий кафедрой сопротивления материалов и механики Забайкальского государственного университета, доктор технических наук, профессор, Заслуженный работник высшей школы Российской Федерации.

В. М. Герасимов,
член-корреспондент РАЕН

Является автором более 160 научных и методических работ, 10 изобретений, 2 монографий, 6 учебных пособий, руководит аспирантами. Научные направления – геотехнология, геоэкология, механика волокнистых сред. В 2011 г. Виктор Михайлович получил премию имени первого ректора ЗабГУ (ЧПИ) Ю. В. Кулагина за особые достижения в научной деятельности.

Принимал участие в научных работах по развитию лесопромышленного комплекса Забайкалья. Работы В. М. Герасимова посвящены контактному взаимодействию твёрдых тел и волокнистой среды, а также проектированию трубчатых и мембранных фильтров с переменными характеристиками волокнистых материалов. Им разработаны способы размещения пластовых дренажей и защитных покрытий в искусственных грунтовых сооружениях. Ряд изобретений внедрён в технологические процессы горного производства.

Золото России. Сурьма России

Лидия Владимировна Шумилова – действительный член РАЕН, с 2015 г. – учёный секретарь Забайкальского регионального отделения РАЕН, доктор технических наук, профессор Забайкальского государственного университета, Заслуженный учитель России, Отличник среднего профессионального образования СССР, Почётный работник Забайкальского горного колледжа им. М. И. Агошкова. Награждена медалью имени святых Кирилла и Мефодия за вклад в развитие просвещения, науки, образования и культуры славянских народов.

Имеет 171 публикацию, из них 26 учебных изданий и 145 научных трудов (в том числе 44 в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ) по научному обоснованию, разработке и использованию кластера фундаментальных и прикладных наук для внедрения новых технологий на инновационно активных предприятиях России при переработке руд золота с нановключениями драгоценных металлов и сурьмы.

Л. В. Шумилова,
действительный член РАЕН

Выпущено 6 монографий, в том числе в 2016 г. – «Обогащение и переработка сурьмяных руд Восточного Забайкалья»; в 2014 г. – «Научное обоснование инновационной технологии извлечения золота (разработка, апробация в условиях Забайкалья)»; в 2012 г. – «Комбинированные методы кюветного и кучного выщелачивания упорного золотосодержащего сырья на основе направленных фотоэлектрохимических воздействий». Монография «Современные тенденции в переработке золотосодержащих руд и техногенных отходов» награждена дипломом XIII Дальневосточной выставки-ярмарки «Печатный двор-2009» (конкурс «Лучшая научная книга», номинация «Монография»). Получено 8 патентов РФ на изобретения. В 2011 г. Лидия Владимировна награждена дипломом лауреата конкурса «100 лучших ссузов России» в номинации «Учёный года».

Является рецензентом научных статей по обогащению полезных ископаемых в журнале “Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review”, включённом в базы данных Web of Science и Scopus. Член редакционных советов теоретического и научно-практического журнала «Вестник ЗабГУ» и общественно-научного журнала «Вестник Забайкальского регионального отделения Российской академии естественных наук».

С 2013 г. совместно с учёными университета и Министерством природных ресурсов и промышленной политики Забайкальского края работает над созданием новой сурьмяной провинции России с целью научного обоснования и разработки эффективной экологощадящей, ресурсосберегающей технологии на основе использования циклично-поточной технологии переработки, которая обеспечит переход от селективной отработки месторождения к валовой. Член диссертационного совета по защите докторских и кандидатских диссертаций.

Александр Юрьевич Лавров – член-корреспондент РАЕН, кандидат технических наук, доцент, с 2014 г. – заместитель председателя ЗРО РАЕН, декан факультета экономики и управления и профессор Забайкальского государственного университета.

А. Ю. Лавров имеет 3 монографии, 20 научных статей в изданиях из перечня ВАК РФ, 2 статьи включены в базу данных Scopus, 5 авторских свидетельств

А. Ю. Лавров,
член-корреспондент РАЕН

на изобретения и более 20 патентов. В настоящее время работает над докторской диссертацией по теме «Повышение эффективности физико-химических геотехнологий на основе использования процессов фотоэлектрохимической активации компонентов технологических систем».

В 2004 г. А. Ю. Лаврову присвоено звание Почётного работника высшего профессионального образования РФ, в 2010 г. – Заслуженного работника высшей школы Забайкальского края.

В 2014 г. награждён знаком отличия «За усердие на благо Забайкальского края». Лауреат всесоюзного конкурса молодых учёных-членов НТО в области науки и техники (2-е место в 1988 г.). Удостоен знака «Изобретатель СССР» (1999 г.). Член-корреспондент Международной академии наук педагогического образования (2000 г.). В настоящее время является президентом клуба «Ротари» г. Читы.

Альберт Васильевич Фатьянов – член-корреспондент РАЕН, доктор технических наук, профессор, Почётный работник высшего профессионального образования Министерства образования и науки Российской Федерации. Научное направление – неравновесные процессы в технологии переработки минерального сырья. Автор 187 различных публикаций по результатам своих научных исследований.

А. В. Фатьянов,
член-корреспондент РАЕН

Дмитрий Михайлович Шестернёв – действительный член РАЕН, доктор технических наук, профессор, Заслуженный деятель науки Читинской области, член Высшего инженерного совета при Главе администрации Республики Саха (Якутия).

Автор и соавтор 10 патентов РФ, 11 монографий, 4 учебных пособий и более 250 научных и научно-популярных произведений, изданных в России, КНР и Швеции.

Разработал новое научное направление в геокриологии – криопетрогенез. Создал научно-методические и теоретические основы исследований воздействия климатических ритмов на трансформацию геотехнических свойств массивов горных пород криолитозоны. Обосновал возможность использования второго принципа строительства на намывных грунтах в Якутии. Работает над совершенствованием теоретических и практических основ кучного выщелачивания в криолитозоне.

Д. М. Шестернёв,
действительный член РАЕН

Валерий Георгиевич Черкасов – член-корреспондент РАЕН, доктор технических наук, профессор ЗабГУ, Почётный работник высшего профессионального образования, Заслуженный деятель науки и техники Читинской области.

Разработал новые энергосберегающие аппараты очистки стоков горноперерабатывающих предприятий. Научные интересы – машины и аппараты горно-обогатительного производства, экологическая защита естественных водоёмов при ведении горных работ. Автор и соавтор более 120 научных работ, получивший 19 патентов на изобретение, издавший 5 учебных пособий.

В. Г. Черкасов,
член-корреспондент РАЕН

Развитие горнорудных комплексов Забайкалья

Михаил Витальевич Костромин – советник РАЕН, член ревизионной комиссии ЗРО РАЕН, профессор, доктор технических наук. Профессиональные награды: «Шахтёрская слава» III степени, Заслуженный работник горнодобывающей промышленности Читинской области, действительный член МАМР, член-корреспондент РАГН и РИА.

Автор более 210 научных работ, в том числе 3 монографии. В 2014 г. вручена премия имени первого ректора ЗабГУ (ЧПИ) Ю. В. Кулагина за особые достижения в научной деятельности: раз-

М. В. Костромин,
советник РАЕН

работку научных основ комплексного освоения рудных месторождений Забайкалья и инженерных методов расчёта потерь полезного ископаемого в межшаговых и межходовых целиках при дражной отработке россыпей.

Учёным созданы эффективные системы водоснабжения и очистки технологических вод для гидромеханизированной разработки россыпей в условиях Крайнего Севера и дражных разработок россыпей. Разработаны и внедрены в производство высокоэффективные технологии подготовки глинистых и высокоглинистых россыпей к драгированию.

Внедрены результаты исследований в Таджикистане, Якутии, на Дальнем Востоке, в Западной Сибири и Забайкалье. Член диссертационного совета по защите докторских и кандидатских диссертаций.

1.3. Отходы производства и потребления Забайкалья

Виды и величина отходов, имеющихся в Забайкальском крае, определяются, прежде всего, степенью и историческими особенностями промышленного освоения, а также условиями гражданско-промышленного и дорожно-транспортного строительства.

На территории Забайкальского края в 2014 г. скопилось 148,579 млн т отходов, что на 30,482 млн т больше по сравнению с 2013 г. Основная масса отходов 4-го и 5-го классов опасности приходится на предприятия, добывающие полезные ископаемые.

В Забайкальском крае отходы образуются на предприятиях топливно-энергетического комплекса, металлургической, горнодобывающей (хвостохранилища), лесной, деревообрабатывающей, строительной и транспортно-дорожной отраслей и при прочих видах экономической деятельности.

Виктор Петрович Мязин – действительный член РАЕН, председатель и основатель ЗРО РАЕН, доктор технических наук, профессор кафедры обогащения полезных ископаемых и вторичного сырья ГОУ ВПО «Забайкальский государственный университет» (с 1978 по 2013 г. – заведующий кафедрой).

В. П. Мязин является Заслуженным изобретателем РСФСР (1988 г.), Почётным работником высшего профессионального образования России (1996 г.), Заслуженным работником горнодобывающей промышленности Читинской области (1999 г.), Заслуженным работником высшей школы Российской Федерации (1999 г), Заслуженным профессором Читинского государственного университета (2004 г.), Заслуженным деятелем науки Российской Федерации» (2008 г.). Награждён медалью «За заслуги перед Читинской областью» (2004 г.), академическим орденом Российской академии естественных наук «За пользу Отечеству» им. В. Н. Татищева (2001 г.), межотраслевым почётным знаком «Горняцкая слава» I, II, III степеней (2011 г.).

С 1996 г. создана и работает научная школа «Ресурсосберегающие малоотходные экологически безопасные инновационные технологии переработки труднообогатимых золотосодержащих песков и руд, техногенного сырья и накопленных отходов производства». Под руководством В. П. Мязина ведётся подготовка специалистов высшей квалификации. На настоящее время защищено 20 кандидатских, 6 докторских, на стадии подготовки к защите 3 докторских, 4 кандидатских диссертаций. Он является членом двух диссертационных советов по защите докторских и кандидатских работ, членом комиссии учебно-методического объединения (УМО) вузов Российской Федерации по образованию в области горного дела высшей школы. С 2008 г. совмещает работу заведующего лабораторией комплексного использования сырья в Читинском филиале ИГД СО РАН.

В. П. Мязин входит в состав Консультативного совета по научно-технической политике и инновациям Забайкальского края, Межведомственной комиссии по отходам при Министерстве природных ресурсов и промышленности Забайкальского края, рабочей группы при Министерстве промышленности и энергетики по разработке приоритетного направления инновационной деятельности «Технология комплексной переработки минерально-сырьевых ресурсов Забайкальского края».

Создал информационный банк данных для разработки кадастра отходов Забайкальского края. Запатентовал за период 2010–2013 гг. поточные линии: для выделения ценных компонентов из золошлаковых отходов; круглогодичного кучного выщелачивания металлов из руд; для переработки сурьмяных золотосодержащих руд. Разработал инновационный способ переработки металлоносных песков прибрежного морского шельфа и комплекс для его осуществления (2013 г.).

Основные направления научной деятельности – новые технологии и аппараты для повышения эффективности извлечения труднообогатимых мелких классов золота из руд и россыпей; экологические проблемы горнодобывающей и горноперерабатывающей промышленности; изыскание и разработка экологически безопасных технологий переработки минерального сырья; история развития техники и технологии горнозаводского дела в Забайкалье.

Научный руководитель разработки и реализации программ регионального значения (2011–2015 гг.): «Отходы Забайкалья»; «Сурьмяная провинция Забайкалья» и «Обоснование и разработка технологических систем переработки руд сурьмяного и сурьмяно-золотосодержащего кластера Забайкалья».

Всего опубликовано более 450 научных и учебно-методических работ, получено 95 авторских свидетельств и патентов на изобретения. Являлся членом авторского коллектива «Малая энциклопедия Забайкалья: наука и образование» от ЗабГУ. Сведения о достижениях В. П. Мязина как учёного отмечены в книге-проекте «Сибиряки» (г. Иркутск, 2006 г.).

Валентина Ивановна Мязина – советник РАЕН, кандидат технических наук. Под её руководством выпущено более 60 проектов для предприятий региона по нормативам воздействия на окружающую среду. Опубликовано более 25 научных работ, методические указания и учебное пособие, 4 патента на изобретения.

В. И. Мязина,
советник РАЕН

Предложена система индексного обозначения параметров классификаций золошлаковых отходов с учётом степени опасности для окружающей среды и дальнейшего направления их использования. Выполнен комплекс работ по установлению класса опасности золошлаковых отходов при сжигании углей на ТЭЦ Забайкальского края.

На основании комплексных технологических и физико-химических исследований золошлаковых отходов крупнейших ТЭЦ Забайкальского края рекомендованы основные направления их использования как вторичного сырья.

Основные направления научной деятельности – обращение с отходами производства и потребления; оценка и нормирование воздействия предприятий на окружающую среду; лицензирование деятельности при деятельности по сбору, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию, размещению отходов 1–4-го классов опасности.

1.4. Водные ресурсы и гидроэкологическая безопасность

Забайкальский край расположен на юго-востоке Восточной Сибири. По его территории проходит часть Мирового водораздела между Северным Ледовитым и Тихим океанами и верховые истоки главнейших водных артерий Сибири, Дальнего Востока и Центральной Азии. Это истоки Амура, Лены, Енисея. Важнейшая особенность западной части края – принадлежность её к бассейну озера Байкал, объявленного Участком мирового наследия. Около 55 % территории Забайкальского края относится к Амурскому, 30,4 % к Ленскому и 13,3 % Енисейскому бассейнам.

Валерий Николаевич Заслоновский – член-корреспондент РАЕН, доктор технических наук, профессор, Заслуженный профессор Забайкальского государственного университета, Заслуженный мелиоратор России, Отличник водного хозяйства РФ, главный специалист Восточного филиала РосНИИВХ. Награждён медалью «За заслуги перед Отечеством» II степени, медалью «За заслуги перед г. Читой», медалью «100 лет профсоюзам России».

В. Н. Заслоновский,
член-корреспондент РАЕН

Научный руководитель создания региональной концепции использования, восстановления и охраны водных объектов Забайкальского края, в соответствии с которой разработаны и реализуются территориальные программы различных водохозяйственных направлений. Созданы проекты, на основе которых построены водохозяйственные объекты стоимостью в несколько сот миллионов рублей.

Автор более 150 научных работ, 6 авторских свидетельств и патентов на изобретения.

Юрий Михайлович Овешников – действительный член РАЕН, заведующий кафедрой ОГР, доктор технических наук, профессор, Заслуженный профессор Забайкальского государственного университета, Почётный работник высшего профессионального образования Российской Федерации.

Ю. М. Овешников,
действительный член РАЕН

Научные направления – исследования в области экологии горного производства, рационального комплексного использования природных ресурсов при открытой разработке полезных ископаемых; экологическое сопровождение проектной документации; повышение экологической безопасности работы горнодобывающих и промышленных предприятий.

Разработал методики определения объёмов рекультивации нарушенных земель при дражных и гидромеханизированных разработках, создал комплексную методику оценки воздействия горнодобывающих предприятий на основные компоненты природной среды, методику прогнозирования изменений компонентов природной среды на открытых горных работах с определением их будущих параметров.

Опубликовал более 200 статей, имеет 10 авторских свидетельств и патентов, более десятка учебно-методических указаний, одну монографию.

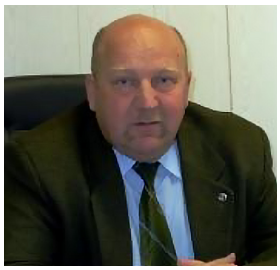
1.5. Нанотехнологии и другие научные направления

Сергей Фёдорович Забелин – член-корреспондент РАЕН, профессор кафедры техники, технологии и безопасности жизнедеятельности, доктор технических наук. Выполнил анализ и обосновал выделение критериев классификации нанотехнологий и наноматериалов. Предложил системный подход для выбора наноматериала, обеспечивающего требуемый уровень конструкционных свойств.

С. Ф. Забелин,
член-корреспондент РАЕН

Выполненные им систематизация наноматериалов, их структурных образований и установление классификационных признаков обеспечивают топографическое и морфологическое представление их строения, дают возможность определить потенциальный уровень достижения конструкционных, функциональных свойств и решить ряд проблем синтеза более эффективных видов инновационных материалов. В конечном счёте, совокупность результатов этих научных изысканий учёного, позволяет разработать теоретические, методологические, технологические основы исследований, а также обеспечить условия внедрения в производство новых нанотехнологий.

Сергей Петрович Озорнин – член-корреспондент РАЕН, доктор технических наук, профессор, Почётный работник высшего профессионального образования Российской Федерации, Заслуженный работник высшей школы Читинской области. Разработал новое научное направление «Организация и технология мониторинга условий эксплуатации и изменений технического состояния машин». На общественных началах открыл и возглавляет научно-образовательный центр ЗабГУ «Проблемы транспорта и сервиса машин», руководит аспирантурой по научной специальности 05.05.04 *Дорожные, строительные и подъёмно-транспортные машины.*



С. П. Озорнин,
член-корреспондент РАЕН

Автор и соавтор более 130 научных публикаций, в том числе двух монографий.

Иван Флегонтович Суворов – член-корреспондент РАЕН, доктор технических наук, профессор, заведующий секцией электроснабжения кафедры электроэнергетики и электротехники Забайкальского государственного университета.

И. Ф. Суворов,
член-корреспондент РАЕН

Сфера научных интересов – применение электрического разряда для обработки питьевой и сточной воды; разработка способов и устройств диагностики состояния электрооборудования и электрических сетей под рабочим напряжением; разработка способов и устройств повышения уровня электробезопасности при эксплуатации и проектировании систем электроснабжения; разработка способов и устройств улучшения показателей качества электрической энергии и управления ими.

Практически все разработки внедрены в производство. Наиболее перспективной разработкой в коммерческом плане является внедрение технологии обеззараживания воды на основе использования диафрагменного электрического разряда. В настоящее время она внедрена на очистных системах пгт. Новоорловск (Агинский Бурятский округ Забайкальского края) и плавательного бассейна «Нептун» (г. Чита).

Опубликованы 244 научные статьи, учебные пособия, в том числе 4 монографии в издательстве ЗабГУ. Получено 19 патентов на изобретения, из них 13 – патенты на способы защиты человека и электродвигателей, обеззараживания воды электрическим разрядом.

1.6. Инновационное развитие региона на основе интеллектуальных ресурсов академической, вузовской и прикладной науки по направлениям «Медицина и экология», «Геополитика и безопасность», «Экономика и социология»

Анатолий Васильевич Говорин – действительный член РАЕН, доктор медицинских наук, профессор, Заслуженный врач Российской Федерации, Заслуженный врач Республики Бурятия, председатель Забайкальского общества кардиологов, ректор Читинской государственной медицинской академии, имеет звание Отличник здравоохранения Российской Федерации.

Научные интересы – психосоматические взаимоотношения в кардиологии; механизмы развития, прогрессирования и ранней диагностики сердечнососудистой патологии; разработка эффективных методов

А. В. Говорин,
действительный член РАЕН

лечения в кардиологии.

Опубликовано более 220 научных работ, издан учебник «Неотложные состояния в клинике внутренних болезней». Получено более 6 патентов РФ на изобретение. Создал научную школу забайкальских кардиологов.

Анатолий Васильевич проводит исследования частоты развития кардио-гемодинамических и аритмических событий при остром тяжёлом отравлении алкоголем, определяя роль процессов липопероксидации в генезе этих расстройств.

Евгений Анатольевич Малышев – член-корреспондент РАЕН, доктор экономических наук, кандидат технических наук, профессор кафедры «Экономика и бухгалтерский учёт» Забайкальского государственного университета, Почётный работник высшего профессионального образования Российской Федерации, Заслуженный работник высшей школы Читинской области.

Разработал методологию оценки потенциала инновационного саморазвития, в рамках которой проанализировал методику расчёта, позволяющую определить частные потенциалы и интегральный индекс потенциала саморазвития приграничной территории. Развил модель трансграничной инновационной диффузии, методологию выбора приоритетов инновационного развития на основе четырёхсубъектной модели межсекторного взаимодействия, развивающую модель «тройной спирали» для прогнозирования долгосрочного развития приграничных территорий на основе макроэкономических и балансовых моделей.

Е. А. Малышев,
член-корреспондент РАЕН

Является автором и соавтором более 250 работ, из них: 9 монографий, 56 научных статей из списка ВАК, 24 учебных и учебно-методических пособий. Получено 3 авторских свидетельства, 6 статей находятся в списке международной системы цитирования Scopus.

Прошёл обучение и стажировку по курсу «Управление малыми и средними предприятиями», организованному правительством Японии в рамках программы по подготовке управленческих кадров российских предприятий (г. Токио, Япония).

2. Роль и значение Забайкальского государственного университета в становлении и развитии ЗРО РАЕН

Базовой организацией, в которой функционирует ЗРО РАЕН, является Забайкальский государственный университет. В настоящее время Забайкальский государственный университет, объединяющий два крупнейших вуза Читы, является крупным образовательным учреждением, во многом определяющим развитие высшего технического и гуманитарного образования в Забайкальском крае, выполняющим комплекс вузовских и академических исследований.

Юрий Николаевич Резник активно поддерживал работу отделения как ректор в течение длительного периода (1993–2012 гг.). Это один из самых уникальных людей нашего края, чей вклад в развитие региона, его научно-исследовательский потенциал пока сложно оценить. Университет под его руководством стал одним из самых престижных в Сибири и на Дальнем Востоке, а сам Юрий Николаевич, действительный член РАЕН, доктор технических наук, профессор, автор более 200 публикаций, в том числе 11 монографий и 17 изобретений, был награждён орденом Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности «Звезда учёного».

Ю. Н. Резник,
действительный член РАЕН

За значительный вклад в развитие высшей школы и забайкальской науки Ю. Н. Резник удостоен следующих правительственных и академических наград: орден «Знак Почёта», нагрудные знаки «Почётный работник высшей школы РФ» и «Заслуженный работник высшего образования Читинской области», медали «За заслуги перед городом Читой», им. М. В. Ломоносова «За вклад в экологию и безопасность», им. В. И. Вернадского «За заслуги в экологии», «За боевое сотрудничество» ФАПСИ Министерства обороны РФ, «Заслуженный деятель Института горного дела СО РАН».

С июня 2012 г. эту эстафету успешно принял ректор ЗабГУ – Сергей Анатольевич Иванов, который на высоком профессиональном уровне руководит вузом. В настоящее время идёт постоянный творческий поиск прогрессивных форм организации учебного процесса, внедряются передовые информационные системы. Научно-исследовательская работа университета направлена на решение актуальных проблем Забайкальского региона и охватывает 18 отраслей науки.

3. Основные направления реализации региональных программ

В ЗРО РАЕН как в одном из значимых научных объединений Забайкальского края сформированы основные направления реализации региональных программ, которые представлены следующим образом:

1. Минерально-сырьевая база Забайкалья (в рамках программы РАЕН – «Минерально-сырьевая база России»).

Состав учёных: Г. А. Юргенсон – действительный член РАЕН, А. И. Трубачёв – член-корреспондент РАЕН.

2. Наукоёмкие и ресурсосберегающие технологии при добыче и переработке минерального сырья (научное направление РАЕН – технологическое):

– 1-й блок «Добыча полезных ископаемых».

Состав учёных: Е. В. Воронов – действительный член РАЕН, В. А. Овсейчук – член-корреспондент РАЕН, М. В. Костромин – советник РАЕН;

– 2-й блок «Переработка полезных ископаемых».

Состав учёных: В. П. Мязин – действительный член РАЕН, А. В. Фатьянов – член-корреспондент РАЕН, Д. М. Шестернёв – действительный член РАЕН, Л. В. Шумилова – действительный член РАЕН.

3. Проблема машиностроительного комплекса Забайкалья (защита деталей и узлов различной техники от износа).

Состав учёных: С. Я. Березин – член-корреспондент РАЕН, С. Ф. Забелин – член-корреспондент РАЕН.

4. Энергетическая безопасность Забайкалья (научные проблемы регионов).

С. А. Иванов – руководитель, член-корреспондент РАЕН.

5. Экологическая безопасность Забайкалья (научное направление – естественнонаучное).

Состав учёных: В. П. Мязин – действительный член РАЕН, Е. Т. Воронов – действительный член РАЕН, Г. А. Юргенсон – действительный член РАЕН, Ю. М. Овешников – действительный член РАЕН, В. И. Мязина – советник РАЕН.

6. Водные ресурсы и гидроэкологическая безопасность Забайкалья (в рамках программы РАЕН «Водные ресурсы»).

В. Н. Заслоновский – руководитель, член-корреспондент РАЕН.

7. Развитие лесопромышленного комплекса Забайкалья РАЕН (научное направление – наука о лесе).

В. М. Герасимов – руководитель, член-корреспондент.

8. Экономическая безопасность Забайкалья (в рамках программы РАЕН «Макроэкономического и социально рыночного хозяйства»).

Е. А. Малышев – руководитель, член-корреспондент РАЕН.

9. Биогеохимические процессы и медико-биологические проблемы в рамках программы «Геохимия ландшафта горнорудных территорий».

Г. А. Юргенсон – руководитель, действительный член РАЕН.

10. Эпидемиологические особенности распространения артериальной гипертонии в Забайкалье (в рамках программы РАЕН «Биология и медицина»),

А. В. Говорин – руководитель, действительный член РАЕН.

11. Безопасность транспортных систем и дорожного движения (в рамках программы «Концепция системообразующих технологий»).

С. П. Озорнин – руководитель, член-корреспондент РАЕН.

12. Работа в интеграционных проектах:

– «Минералого-геохимическая типизация геотехногенных ландшафтов рудоносных территорий различных климатических зон Забайкалья как основа для прогноза геоэкологических последствий».

Г. А. Юргенсон – руководитель, действительный член РАЕН;

– «Развитие научных основ комплексного освоения месторождений Сибири: создание ресурсосберегающих инновационных геотехнологий добычи и обогащения твёрдых полезных ископаемых в сложных горнотехнических и геомеханических условиях».

Состав учёных: В. П. Мязин – действительный член РАЕН, А. Ю. Лавров – член-корреспондент РАЕН;

– «Разработка теоретических основ экологически безопасных технологий выщелачивания дисперсного золота и редких металлов со стадийной активацией массообменных процессов и флотационного разделения минералов с близкими поверхностными свойствами и их адаптация к особенностям минерально-сырьевой базы Забайкальского края».

Состав учёных: В. П. Мязин – действительный член РАЕН, А. Ю. Лавров – член-корреспондент РАЕН.

13. Участие в разработке и реализации программам регионального значения:

– «Сурьмяная провинция Забайкалья».

Состав учёных: В. П. Мязин – руководитель, действительный член РАЕН, Л. В. Шумилова – действительный член РАЕН;

– «Обоснование и разработка технологических систем переработки руд сурьмяного и сурьмяно-золотосодержащего кластера Забайкалья».

Состав учёных: В. П. Мязин – руководитель, действительный член РАЕН, Л. В. Шумилова – действительный член РАЕН;

– «Создание комплексной технологии отработки беднобалансовых урановых руд геотехнологическими методами».

В. А. Овсейчук – руководитель, член-корреспондент РАЕН.

Выполненная НИР и ОКР проектная документация по указанным приоритетным программам является и должна являться основой развития Центра, для чего сформирована база нормативных, законодательных, методических документов.

Важнейшим направлением работы членов РАЕН является научная и экологическая экспертиза техниче-

ских проектов при оценке хозяйственной деятельности предприятий, особенно крупных горно-обогатительных, горно-химических, энергетических и других комплексов в связи с освоением севера и юго-востока Забайкалья.

Участие членов РАЕН в экологическом обосновании хозяйственной деятельности, научно-обоснованном принятии решений вносят значимую пользу в программы развития ресурсного потенциала края и безопасности жизнедеятельности проживающего населения.

Большая работа учёных ЗРО РАЕН проведена по изданию крупных монографий, учебников, учебных пособий, энциклопедий Забайкалья, справочной литературы для обучения молодых и повышения квалификации инженерно-технического персонала.

Все без исключения члены ЗРО РАЕН принимали активное участие в проведении крупных научных форумов, международных, региональных, межвузовских, городских, внутривузовских конференциях. Одним из наиболее значимых мероприятий Забайкальского государственного университета стала XII Международная научно-практическая конференция «Научно-образовательное и культурное сотрудничество стран-участниц ШОС» (2014 г.).

Следует отметить активное участие членов ЗРО РАЕН в конкурсах федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг.

Многие наши проекты в области экологической, промышленной и радиационной безопасности были допущены к конкурсу и заняли достойные места среди вузов России. Достаточно сказать, что в федеральном конкурсе по каждому лоту участвовало 30–40 вузов России. Особо необходимо отметить проект «Разработка прогрессивных технологий по использованию природного цеолитсодержащего сырья Забайкальского края для повышения экологической безопасности производственных процессов в энергетике» (один из руководителей К. И. Карасёв – действительный член РАЕН, занявший призовое 4-е место по лоту № 8).

По научному направлению «Новые и возобновляемые источники энергии и энергосберегающие системы» (один из руководителей С. А. Иванов – член-корреспондент РАЕН) выиграли два федеральных гранта.

За прошедшие годы учёные ЗРО РАЕН выполнили целый ряд федеральных и региональных программ. Публикация полученных результатов научных исследований по приоритетным проектам, способствует продвижению современных наукоёмких технологий в различные сферы экономики, нацеленных на устойчивое развитие страны и всего общества.

В качестве примера можно отметить некоторые из этих научных направлений:

– способ очистки дымовых газов котлов с применением местного природного сырья (цеолитов), энергосберегающие мероприятия на различных объектах региона;

– использование кластера фундаментальных и прикладных наук для внедрения новых технологий на инновационно активных предприятиях России;

– типоморфизм жильного кварца и его использование в практике геологоразведочных работ;

– криоминералогенез;

– геммологическая минерагения;

– биогеохимическое и минералогическое направление геохимии ландшафта;

– технологическая археоминералогения;

– изучение месторождений меди, полиметаллических руд, золота, молибдена, облицовочных камней, разработка на их основе теории рудогенеза и применение её для прогноза, поисков и разведки месторождений;

– геотехнология (подземная, открытая и строительная);

– безопасная технология подземных горных работ в условиях вечной мерзлоты и повышение радиационной безопасности на урановых рудниках России;

– новые технологии и аппараты для доизвлечения труднообогатимых мелких классов золота из руд и россыпей;

– создание новой сурьмяной провинции России;

– исследование золошлаковых отходов крупнейших ТЭЦ Забайкальского края;

– механизм и кинетика нанокристаллизации аморфных металлических материалов при изотермическом и термоциклическом воздействии;

– структурные модели технологических систем автоматических сборочных машин; теоретическая физико-химическая модель и механизмы бактериально-фотоэлектрохимического окисления упорного золотосодержащего сырья;

– исследование процесса дренирования в плоских дренажах из волокнистых полимерных материалов;

– оценка негативного воздействия на окружающую среду в связи с реализацией планов освоения юго-востока Забайкальского края;

– методологические основы диагностического мониторинга изменений технического состояния автомобилей и мобильных дорожно-строительных машин;

– водоснабжение и очистка технологических вод для гидромеханизированной разработки россыпей в условиях Крайнего Севера и дражных разработок россыпей;

– криолитозон и криолитогенез горных пород;

– рациональное комплексное использование природных ресурсов при открытой разработке полезных ископаемых;

– экологическое сопровождение проектной документации;

– обоснование критериев классификации нанотехнологий и наноматериалов;

– эпидемиологические особенности распространения артериальной гипертонии в Забайкалье и многие другие.

Из 24 членов ЗРО РАЕН 16 являются членами диссертационных советов по защите докторских и кандидатских диссертаций, в том числе председателями и заместителями председателей. Большая часть членов ЗРО РАЕН – научные руководители и научные консультанты.

Подготовка научных кадров высшей квалификации в рамках программ университетов и действующих советов по защите докторских и кандидатских диссертаций с участием членов РАЕН дала свои результаты: в настоящее время непосредственно членами ЗРО РАЕН подготовлено 26 докторов наук и 181 кандидат наук.

4. Издательская деятельность: выпуск общественно-научного журнала «Вестник Забайкальского регионального отделения Российской академии естественных наук»

Первый номер общественно-научного журнала ЗабГУ «Вестник Забайкальского регионального отделения Российской академии естественных наук» («Вестник Забайкальского центра Российской академии естественных наук») вышел в 2008 г. и был посвящён 10-летию со дня основания ЗРО РАЕН – лидера в организации и координации фундаментальных и прикладных исследований в области естественных и технических наук Забайкальского края.

На страницах журнала с поздравлениями к членам организации обратились Губернатор Забайкальского края Р. Ф. Гениатулин, президент РАЕН, доктор технических наук О. Л. Кузнецов, вице-президент горно-металлургической секции РАЕН, доктор технических наук В. Ж. Аренс, председатель ЗРО РАЕН, доктор технических наук В. П. Мязин.

Главная цель издания журнала – публикация научных достижений учёных Забайкалья для развития и преумножения интеллектуального потенциала края, содействие рождению новых учёных, научных направлений и активному использованию науки на благо отечества.

Рубрики журнала: общие проблемы науки и образования, естествознание, биология и медицина, техника и технология, экология и жизнеобеспечение, геотехнология, энергетика, экономика. На протяжении многих лет изданием журнала занималась редакционная коллегия в следующем составе: главный редактор – Г. А. Юргенсон, секретарь – В. И. Мязина, технические секретари – С. Я. Березин, В. П. Мязин, А. И. Трубачёв, В. М. Герасимов, главный редактор журнала "Вестник ЗабГУ" Н. П. Романова.

5. Перспективы инновационного развития ЗРО РАЕН

В плане первоочередных задач и перспектив инновационного развития ЗРО РАЕН намечено следующее:

1. Расширить членство и союз независимых учёных из числа докторов и профессоров, работающих на территории Забайкальского края.

2. Уточнить и согласовать дальнейшую программу работы ЗРО РАЕН в соответствии с направлениями РАЕН, т. к. эта программа является руководящим документом дальнейших инициатив учёных края.

3. Развернуть работу по заключению хозяйственных договоров с целью развития материальной базы ЗРО РАЕН, приступить к формированию базы данных по научно-методическому обеспечению для выполнения важных и сложных разработок на стадии предпроектных и проектных работ.

4. Расширить участие молодых учёных Забайкалья и перспективной научной молодёжи в проекте Академии «Интеллектуальные ресурсы России» путём нового вида членства – адъюнктов РАЕН.

5. Выйти с предложением к администрации Забайкальского края по разработке финансируемых региональных программ «Концепции устойчивого развития Забайкалья как модели для приграничных регионов России», «Отходы производства и потребления».

6. Содействовать проведению независимой экспертизы и крупных проектов, научных открытий, гипотез, идей.

7. Для пропаганды достижений учёных Забайкальского края выйти с предложением по созданию галереи портретов авторов научных открытий и крупных изобретений.

8. Приступить к созданию наукоёмких информационных технологий РАЕН с помощью разработки программных комплексов для геологического и экологического моделирования мониторинга вовлекаемых в эксплуатацию новых месторождений юго-востока и севера Забайкалья.

Реализация этих крупных проектов по освоению минерально-сырьевых ресурсов юго-восточного и северного (зона БАМ) регионов Забайкальского края позволит обеспечить значительный рост горно-металлургического комплекса России, даст мощный стимул для социально-экономического развития Забайкалья и выведет его из дотационного в донорский.

Мы живём и работаем в Забайкалье – старейшем и богатейшем горнорудном регионе, располагающем огромным природно-ресурсным потенциалом. При разработке стратегий конкурентоспособности экономики Забайкалья на современном этапе необходимо максимально интеллектуализировать общество.

Названные проблемные вопросы должны получить новое звучание в формируемых программах по устойчивому развитию нового Забайкальского края. И в этом случае учёные Забайкалья – члены РАЕН, являясь движущим локомотивом в общественном секторе науки, могут и должны сделать всё возможное для его процветания.

УДК 38.01.07

Ю. В. Павленко,
доктор геолого-минералогических наук,
Забайкальский государственный университет,
г. Чита, Россия

Особенности формирования Вселенной

Изложены постулаты и положения, раскрывающие основные особенности формирования Вселенной с позиций энергии, движения, времени и пространства. Взаимодействие их рассматривается как один из фундаментальных законов Вселенной.

Ключевые слова: *энергия, в том числе скрытая, движение, скорость, частота колебаний, пространство, материя, фрактальность, Вселенная*

Yu. V. Pavlenko,
Doctor of Geological Mineralogical Sciences,
Transbaikal State University,
Chita, Russia

Features of formation of the Universe

Postulates and positions, exposing the basic features of forming of Infused with from positions energy, motion, time and space, are expounded. Co-operation of them is examined as one of fundamental laws of Universe.

Keywords: *energy including hidden, motion, speed, frequency of vibrations, space, matter, fractal, Universe*

Известно около 246 законов природы [7], из них около 100 прямо или косвенно связаны с Вселенной.

Современной общепризнанной моделью Вселенной является концепция Большого взрыва. В ней ранняя стадия формирования Вселенной представляется результатом расширения исходного сингулярного состояния вещества. Горячее состояние Вселенной этого периода прямо коррелируется с реликтовым излучением. Проблема существования сингулярности использована при обосновании квантовой и других альтернативных теорий гравитации. Несмотря на широкое признание, теория Большого взрыва конкурирует с гипотезами возникновения видимой Вселенной А Линде, Л. Смолина, Н. Турока и др. [2].

При углублённом рассмотрении многих процессов, связанных с теорией Большого взрыва [1; 4–6; 11; 12; 15; 18–20], у многих возникают вопросы, на которые ответов или нет, или изложенные доводы противоречат законам не только физики, но и простой логике. Всё это вызывает сомнение в реальности представленной концепции и, соответственно, в реальности теории одного из важнейших научных направлений. В числе существенных недостатков отмечены следующие: не рассмотрена природа сингулярности, материи, энергии; картина инфляции Большого взрыва приемлема только для наблюдаемой части Вселенной; некоторые факты плохо согласуются с изотропностью Вселенной; сомнительна возможность сжатия вещества Вселенной даже до размеров Солнечной системы, не говоря о меньшем теле; температура – это броуновское движение молекул, а их в состоянии сингулярности не было и т. д. [8].

Известные, в частности из интернет-ресурсов, особенности формирования Вселенной, изложенные ниже в сжатой форме, свидетельствуют, вероятно, об иной природе Вселенной. В её основе лежит скрытая (тёмная) энергия с безгранично большим энергетическим потенциалом и удивительной способностью преобразовываться при различных взаимодействиях с другими естественными свойствами Вселенной.

Используя главные свойства вещества, выявляющиеся в результате анализа огромной информации по строению, свойствам и взаимодействию материи, физическая сущность Вселенной (Космоса, Мира) укладывается в движение в многомерном времени энергии фрактального пространства, которая может соответствовать одному из основных законов современного мироздания.

Исходные положения теории предполагаемого закона базируются на других известных научных теориях, которые не противоречат логике, вытекающих из закона следующих четырёх тесно взаимосвязанных между собой постулатов:

1. Движение в неорганической природе – способ существования материи, её свойства, проявления, внутреннее содержание, всякое взаимодействие, количественные, качественные изменения, переход материи из одного состояния в другое и прочие преобразования материального мира [17].

Скорость движения (перемещения) соответствует непостоянной скорости света (изменяется на 0,05 м/с в год), она пропорциональна плотности пространства [10].

Частота колебаний – отношение количества повторений или возникновения событий (процессов) к про-

межутку времени, за которое они совершены. Частота колебаний волновой функции квантово-механического состояния имеет физический смысл энергии этого состояния, для выражения их в одних и тех же единицах используется переводный коэффициент – постоянная Планка ($6{,}626 \cdot 10^{-34}$ Дж·с). Граничная частота формирования материи, возможно, соответствует 734 Гц, ниже этой частоты твёрдая материя не образуется [9].

2. Время – многомерная объективная характеристика изменчивости мира, пространства, форма бытия материи. Оно отражает характер существования и совершения событий, их последовательность, длительность (единство прерывного и непрерывного), направленность, включая представления о прошлом, настоящем и будущем. Это мера всеобщего изменения тел, координата четырёхмерной «сплошной среды» (континуума) [17], интервал энергетических процессов. Многомерность времени проявляется в процессах, происходящих в пространствах различной размерности. Время распространяется мгновенно, обладает, как и пространство, направленностью (знаком) и плотностью [16].

3. Энергия в замкнутой по времени физической системе – скалярная физическая величина, мера различных форм движения, взаимодействия материи, перехода движения материи из одних форм в другие; способность тела совершать работу. Кроме потенциальной энергии взаимодействия тел или их частей между собой или с внешними полями и кинетической энергии движения, природе свойственна энергия всех видов полей, а также энергии внутренняя, связи, химическая, взрыва, вакуума, энтальпия и другие [2]. Энергия сопоставима с ньютоновым временем. Она неустойчива: сохранить энергетическое равновесие удаётся только бесконечной в пространстве и во времени одиннадцатимерной Вселенной.

4. Пространство – это фрактальная геометрия интегральной формы существования энергии и многомерного времени. Фрактальная геометрия – это генетический код Вселенной, «самоподобие» иерархии материального мира. Пространство неоднородно, свойства и качества пространства – непрерывные величины. Пространство может изменяться, изгибаться, меняя при этом свои внутренние характеристики.

Единение энергии и времени образует материю и порождает гравитацию. Материя существует в виде твёрдого вещества, лучистой энергии (излучения) и материального пространства, её виды могут переходить друг в друга [9]. Вид материя соответствует тому объёму пространства, в котором её свойства и качества тождественны со свойствами и качеством пространства.

Из положений закона и постулатов структуры вещества вытекает, что физической основой мира является энергия. Критическая плотность энергии Вселенной (5,5 атома водорода на м^3) определяет её геометрические свойства и состояние макро- и микропространства [3]. Любые изменения, возмущения в качественном состоянии макропространства проявляются в изменении качественного состояния микропространства. В многомерном пространстве Вселенной все объекты могут изменять свою форму и размеры, лишь бесконечно малые фундаментальные частицы считаются постоянными.

Безграничные запасы потенциальной энергии Вселенной, вероятно, сосредоточивались в виде волн, длины которых короче волн гамма-излучения, т. е. менее фемторазмерности (меньше 10^{-15} м). О разнообразии и невообразимых истинных свойствах таких энергетических волн можно только догадываться, опубликованные на сегодня самые короткие величины волн (гравитационных) составляют 10^{-55} м, а планковская плотность составляет около 10^{93} г/см^3. Предполагаемые свойства этих волн близки к представлениям Ньютона при обосновании им бесконечно большой скорости взаимодействия тел (принцип мгновенного взаимодействия); они соответствует виртуальной форме существования материи.

Поскольку всякому веществу свойственно самодвижение, природа потенциальной энергии обусловлена интенсивным внутренним взаимодействием очень малоразмерных волн, стремящихся принять минимальное энергетическое состояние пространства. Реализация этой особенности энергии положила начало внешнему движению, массовому перемещению, перемешиванию волн, пространственному обособлению возникающих энергетических неоднородностей. При этом проявлялись фрактальные свойства энергии: наряду с локальными обособлениями разных порядков в бесконечном энергетическом пространстве формировалась общая контрастная неоднородность энергии, отвечающая нашей Вселенной и частоте колебаний волн около 734 Гц. С изменением пороговой частоты изменялось пространство и его энергетические свойства.

Внутренние частотные колебания волн, обеспечивающие их обособление, взаимодействие, энергетическое преобразование, создавали пограничное избыточное, по отношению к внутренним частям, накопление свободной потенциальной энергии. Поскольку по теории всеобщей энтропии энергия стремится к повсеместному и равномерному распределению, для оптимизации равновесного состояния поверхность миниминизировала свою площадь, приняв шарообразную форму. Эта приобретённая форма поверхности создавала давление на внутреннюю часть обособления (Н/м^2), которое соответствовало силе поверхностного натяжения или свободной энергии как части внутренней энергии вещества (произведение коэффициента поверхностного натяжения на полную площадь поверхности). Эта сила направлена по касательной к граничной поверхности, перпендикулярно к участку контура, на который она действует и пропорциональна длине этого участка. Фактически ею выполнена работа, связанная с запуском вращательного движения энергетического обособления, преобразования части потенциальной энергии в энергию кинетическую, с формированием гравитационной массы.

Особенности процесса первоначального этапа формирования материальной Вселенной (Мегагалактики) сопоставлены в определённой мере со свойствами подвижных веществ (газообразных и жидких), поскольку специальные термины для описания волновых свойств вещества (энергии) такого уровня отсутствуют; рекомендуются термодинамические показатели (плотность, температура, химический состав) [2].

Возникшая необходимость обусловлена целесообразностью прогноза облика, положением Вселенной в бесконечном мировом пространстве и некоторыми другими её особенностями, по концепции о фрактальности природы. Она сводятся к формулированию ряда нижеследующих положений:

1. Вселенная представляет гигантское энергетическое обособление в Мультивселенной, одну из крупнейших энергетических аномалий неоднородного по структуре мирового энергетического пространства.

2. Облик Вселенной сферический (известны представления о плоском облике) [3]. Границы Вселенной расплывчатые и, даже, подвижные, из-за обмена энергией с Мультивселенной. На границах, вероятно, сосредоточена значительная часть материи микроволновой природы (возможно, тёмной), выполняющая работу по поддержанию её внешнего контура и медленного вращения путём преобразования части потенциальной энергии в энергию кинетическую. Со времён Эйнштейна известно, что энергия содержится в любом веществе, причём в массе заключена энергия, равная произведению массы на квадрат скорости света. В настоящее время линейная скорость движения группы галактик относительно фонового излучения составляет 600–650 км/с, что более чем в 20 раз превышает линейную скорость движения Земли. С этой работой тесно связаны фоновое излучение, нейтрино, а также гравитационные силы, образующие гравитационное поле Вселенной.

3. Волновая энергетическая аномалия – это первородное материальное пространство, представленное виртуальными фемто-аттокороткими энергетическими волнами очень широкого спектра (менее 10^{-15} м), характеризующимися частотой колебаний более 734 Гц, а также их амплитудой, хаотичным локальным, но, в целом, направленным движением, связанным с инерционным вращением. В результате внутреннего хаотичного перемещения, волны, складываясь с другими волнами аналогичной частоты, усиливались или (чаще) ослаблялись, проявляя свойства интерференции, а также огибали соседние волны с разной частотой колебания (процесс дифракции). При этом излучались кванты, формировались разрозненные электроны, распространявшиеся в виде волн отрицательного заряда, в результате взаимодействия же волн локально повышалась температура самой среды и скорость их движения. С движением электронов возникло электромагнитное излучение. Поскольку энергия квантов прямо связана с частотой колебания, основная её часть тратится на увеличение кинетической энергии электронов, их разгон. Последовательно развивавшийся во времени процесс взаимного поглощения, преобразования волн различной длины, удовлетворительно согласуется с понятием чёрного тела, тёмной энергией. Поток излучения энергии единицы площади (плотность потока) чёрного тела с повышением температуры относительно излучения других видов пропорционален 4-й степени значения температуры (закон Стефана – Больцмана). Согласующиеся по направлению потоки квантовой энергии и волнового пространства увеличивали его кинетическую энергию и, следовательно, величину гравитационной силы.

4. Фоновое излучение представляет следующую важнейшую эпоху развития Вселенной. Спектр этого излучения (сантиметры, миллиметры и менее) при температуре около 3 °К близок к спектру излучения абсолютно чёрного тела. Обращает внимание, что при средней энергии фонового излучения примерно в 3000 раз меньшей энергии фотонного излучения видимого света, количество фоновых фотонов очень большое (около 400–500 в $см^3$), плотность энергии излучения составляет 0,25 эВ/$см^3$ ($4{,}005 \cdot 10^{-14}$ Дж/$м^3$). Суммарная энергия излучения очень велика, характеризуется высочайшей степенью изотропии. С нею связаны процессы формирования и активизации гравитационных волн, которые сплачивали разрозненные материальные частицы – продукты взаимодействия скрытой энергии (виртуальных частиц) с фотонами и электронами, образуя материальные частицы. Они распространялись во всём виртуальном пространстве, возмущая и разогревая его. Поскольку спектр энергетического излучения не похож на спектры звёзд и радиоисточников, а флуктуации интенсивности по небесной сфере отсутствовали, космологическое происхождение излучения представляется вполне реальным [10]. Излучение сопровождалось формированием атомов водорода, с которым связано начало химических процессов в космическом пространстве. Образование их ядер (протонов) обусловлено локальной концентрацией энергии при интерференции в точках сложения когерентных волн в условиях относительно высоких температур и низкого давления.

5. Уникальным свойством водорода является способность образовывать волны длиной 21 см при низкой температуре в диапазоне коротких радиоволн. Для таких волн прозрачны даже непроницаемые облака космической пыли [12]. Они позволяют наблюдать невидимые глазу облака космического водорода, распространяющиеся между звёздными системами, связывая их в единое материальное пространство. На долю межзвёздного вещества в пределах нашей Галактики, например, приходится около половины всего вещества. Кроме атомарного водорода (75 %), во Вселенной отмечены гелий (23 %), кислород (1 %), азот (0,5 %) при уравнении состояния 1,1 ± 0,4. Очевидно, что с появлением водорода, его изотопов, а затем и воды, существенно изменилась в лучшую сторону среда взаимодействия электромагнитных волн, возникли предпосылки начала холодных ядерных реакций.

Согласно закону сохранения энергии, в механической энергии Вселенной (сумма потенциальной и кинетической энергий) изменялось соотношение её видов и скорость выполнения работы за единицу времени (мощность). Интерференция продольных и поперечных волн кинетической энергии скрытой материи сопровождалась наращиванием их длины, перемещением возникших материальных частиц на значительные расстояния вдоль бегущих волн. При наложении нескольких бегущих волн одинаковой частоты и амплитуды в узлах стоячие волны поглощали друг друга, а в пучностях усиливались, концентрируя бегущую энергию, импульсы и другие характеристики процесса. Однако в природе преобладает смешанные волны, которые преимущественно и переносят энергию к местам поглощения и излучения волн.

Череда подобных взаимодействий, прежде всего, в водородных облаках, сопровождаемая повышением температуры, давления вновь образованных продуктов и при активном участии радиоактивного излучения, привела к рождению множества звёзд. Все звезды, являющиеся активными «вампирами» скрытой энергии, продолжают её потреблять и сегодня, обеспечивая синтез водорода в гелий. Плотность материи во Вселенной – 10^{-29} г/см^3. На её просторах тела различной массы, а, следовательно, и скорости двигаются без какого-либо внешнего воздействия. Так, средняя линейная скорость движения по орбите Земли равна 30 км/с, Солнечной системы (вокруг центра Галактики) – 200 км/с, нашей Галактики (относительно барицентра Местной группы галактик) – около 100 км/с, Местной группы Галактик – около 400 км/с, всех Галактик и других скоплений (относительно фонового излучения) – 600–650 км/с.

6. Снижающаяся со временем исходная плотность вещества Вселенной обусловлена нарастающей ассимиляцией материальным веществом скрытой (виртуальной) энергии, локальной концентрацией энергии в течение относительно длительного периода времени в водно-водородных облаках, значительно различающихся по размерам, плотности и температуре. Начавшийся звёздный нуклеосинтез касался части самых лёгких ядер. Основным источником энергии звёзд главной последовательности являлся синтез гелия-4 из водорода в протон-протонном и CNO циклах. Гелий-4 образовывался также в условиях малых температур и давлений при горении первичного дейтерия. Углерод-12 нарабатывался в тройной гелиевой реакции. Другие лёгкие ядра, включая фтор, синтезировались в цикле CNO маломассивных звёзд. Выделяющаяся в процессе нуклеосинтеза, а также слияния лёгких ядер огромная энергия (температура), сопровождались радиоактивными процессами. Они представляли основу формирования большого разнообразия структур ядер химических элементов, а, соответственно, и атомов четырёх больших совокупностей квантовых слоёв (s, p, d, f-элементы), сложных по строению электронных подоболочек квантовых чисел (0, 1, 2, 3) и до 20 сложных химических соединений на основе C, H, O, S, Si, F со структурами, близкими к полимерам. Эти сложнейшие, многоликие процессы зажигали всё новые и новые звёзды. Синтез тяжёлых (^{56}Fe и далее), а также сверхтяжёлых ядер путём нейтронного захвата (s, r, p, rp-процессы) осуществлялся в процессе ядерных реакций, вероятно, в новых, и при взрывах, в сверхновых звёздах. «Выгорание» в них водорода, соответствующее накопление гелия связаны с дефицитом водорода в ближайшем пространстве, сопровождается выделением огромного количества энергии [4]. По законам физики, постепенно формировались сложные природные системы: благодаря силам гравитации возникли галактики и далеко «невечные» звёзды, в звёздных топках зародились термоядерные реакции, образовавшие различные атомные ядра. Умирая, звёзды вспыхивали сверхновыми, выбрасывая своё вещество в бесконечную «бездну».

С образованием многочисленных звёзд закончился длительный период в развитии материи, период формирования крупномасштабной структуры Вселенной, скоплений галактик. По своей сути в этот период Вселенная достигла наивысшего энергетического расцвета. Он характеризуется преобразованием скрытой фемто и менее размерной волновой энергии в энергию видимой материи в результате энергетического и поступательного механического движения, контролируемого «живыми» гравитационными силами.

Работа на создание современной структуры вещества, выполненная гравитационными силами в течение длительного периода времени, сопровождалась выделением огромного количества тепла, затраченного на формирование более плотного, массивного вещества преимущественно в микромире частиц и атомных ядер. В соответствии с законами термодинамики, в целом образование звёзд и галактик из равномерно распределённого вещества сопровождалось ростом энтропии, связанной с поглощением тепла. В начальную фазу развития Вселенной первичный нуклеосинтез не мог образовать наблюдаемого сегодня разнообразия химических элементов, перечень их существенно расширился в период горячего ядерного взаимодействия.

7. По причине направленности времени, Вселенная представляет открытую термодинамическую систему, в которой отработанная энергия, рассеиваясь в окружающей среде, восполнялась из среды новой работоспособной энергией [14]. Во Вселенной как совокупности разнообразных самоорганизующихся процессов с ростом случайных отклонений (флуктуаций) до критического размера возникали упорядоченные подсистемы (в виде Галактик, звёзд), которые могут существовать, изменяясь и развиваясь до прекращения их подпитки энергией [12]. Подсистемы могут легко разрушаться, превращаться в новые упорядоченные структуры, проявляя свойство системы изменять конфигурации тел в системе, совершая при этом работу как меру изменения энергии.

Взрывы сверхновых создали новую материю, обладающую более концентрированной энергией. Они заполняли огромные территории межзвёздного пространства множеством инородного (вторичного) вещества в виде различного по величине обломочного материала, плазмы, газов, потока заряженных частиц, атомов, протонов и электронов. Наиболее подвижные атомы, протоны и электроны, ускоренные мощными магнитными полями звёзд до энергии 10–100 млрд эВ, составили первичные космические лучи. Они представляют потоки протонов (92,9 %), ядер гелия (6,3 %), вторичного излучения в виде мюонов – продуктов распада π-мезонов. Благодаря ядерным реакциям, связанным с расщеплением атомных ядер, состав лучей непрерывно меняется; количество лёгких ядер (Li, Be, B) в них больше, чем во Вселенной, космических телах, метеоритах и земной коре. При взрыве газовые массы образуют мощные ударные волны, существенно увеличивающие воздействие космических лучей.

Наша Галактика окружена ореолом равномерно распределённых космических лучей радиусом около 50 000 световых лет. Произвольно расположенные в ореоле магнитные поля разгоняют космические лучи, которые, взаимодействуя с атмосферой Земли, образуют вторичные космические лучи очень сложной и многообразной природы.

Одним из самых замечательных процессов, связанных с взрывами звёзд, является образование «нулевой» воды. Для этого использовались протоны космических лучей, свободные электроны космоса, образующие положительно заряженные атомы протия, и отрицательные заряды валентных электронов кислорода. Взаимное расположение зарядов в молекуле воды изображаются в виде тетраэдра, а их проекция на горизонтальную плоскость – в виде креста. Однако для образования дейтерия – постоянной присутствующей примеси в воде – требуется огромная энергия, которая отвечает только условиям ядерного взрыва. Для преодоления потенциальной энергии электростатического отталкивания кинетическая энергия лёгких однозарядных атомов протия, выраженная скоростью сталкивания должна составлять не менее 3800 км/с, что соответствует температуре дейтерия свыше миллиарда кельвинов. Три изотопа водорода (протий, дейтерий, тритий) и три изотопа кислорода (^{16}O, ^{17}O, ^{18}O), а также 5 радиоактивных изотопов кислорода образуют 48 разновидностей воды, из которых 39 – радиоактивные, 9 – стабильные. С учётом же двух сверхтяжёлых изотопов водорода (^{4}H, ^{5}H) и одного подобного изотопа кислорода (^{24}O) возможное количество разновидностей воды достигает 135. Поскольку в воде постоянно протекают реакции изотопного обмена, известная нам вода всегда является смесью её изотопов. Примечательно, что изменчивый изотопный состав воды практически не отражается на её физических свойствах [11]. Молекулы воды, вероятно, сосредоточиваются в облаках водорода, они являются средой для образования первых органических веществ. Вода всегда и всюду разная, но всегда она растворитель, необходимый для реализации многих химических процессов преобразования минералов и горных пород.

Таким образом, научное направление, связанное с образованием Вселенной путём преобразований скрытой холодной энергии Мультивселенной представляется более логичным, чем направление, обоснованное теорией Большого взрыва.

Список литературы

1. Вайнберг С. Космология. М.: УРСС, 2013. С. 68–81.
2. Википедия [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki (дата обращения: 11.09.2016).
3. Вселенная [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki (дата обращения: 18.10.2016).
4. Гаврусевич Б. А. Основы общей геохимии. М.: Недра, 1968. 328 с.
5. Горбунов Д. С., Рубаков В. А. Введение в теорию ранней Вселенной: теория горячего Большого взрыва. М.: ЛКИ, 2008. С. 45–80.
6. Горбунов Д. С., Рубоков В. А. Джинсовская неустойчивость в ньютоновой теории тяготения // Введение в теорию ранней Вселенной: космологические возмущения. Инфляционная теория. М.: Краснад, 2010. 568 с.
7. Законы природы [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://priroda.inc.ru/razvitie/book.htm (дата обращения: 11.09.2016).
8. Критика современной теории Большого взрыва [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://stud24.ru/modern-science/kritika-sovremennoj-teorii-bolshogo-vzryva (дата обращения: 04.10.2016).
9. Кто первым сказал о течении пространства? [Электронный ресурс] // Космическая генетика. Режим доступа: http://darkenergy.narod.ru/letru2b.html (дата обращения: 09.07.2016).
10. Микроволновое фоновое излучение (реликтовое излучение) [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.astronet.ru/db/msg/1188450 (дата обращения: 11.09.2016).
11. Петрянов И. В. Беседа о самом необыкновенном в мире веществе // Детская энциклопедия. Т. 3. М.: Педагогика, 1973. С. 401–426.
12. Петрянов И. В. Химия межзвёздного пространства // Детская энциклопедия. Т. 3. М.: Педагогика, 1973. С. 365–368.
13. Познавательный материал [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://lib.convdocs.org/docs/index-167570.html (дата обращения: 17.09.2016).
14. Современные естественнонаучные теории [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.rus-lib.ru/book/27/26/106-119.html (дата обращения: 03.07.2016).
15. Удивительная планета Земля. Иллюстрированный атлас эволюции. Ридерз Дайджест, 2003. 320 с.
16. Физика [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://text.tr200.biz/referat_fizika (дата обращения: 11.09.2016).
17. Философская энциклопедия. Научный метод [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_philosophy/792 (дата обращения: 08.10.2016).
18. Chang Kinney, William H., Stojkovic Dejan. Measuring the cosmological bulk flow using the peculiar velocities of supernovae. Journal of Cosmology and Astroparticle Physics, 2011.
19. George F. R. Ellis, U. Kirchner, William R. Stoeger. Multiverses and physical cosmology // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. 2004. V. 347. № 3. P. 921–936.
20. Sbordone L., Bonifacio P., Caffau E. Lithium abundances in extremely metal-poor turn-off stars, 2012.

УДК 551.4(075.8):622

Г. А. Юргенсон,
доктор геолого-минералогических наук, профессор,
Институт природных ресурсов экологии и криологии СО РАН,
Забайкальский государственный университет,
г. Чита, Россия

К проблеме изучения геохимии редких и редкоземельных химических элементов в геотехногенных ландшафтах горнопромышленных территорий в Забайкалье

Рассмотрена проблема минеральных форм концентрирования и форм и условий миграции в ландшафте редких и редкоземельных элементов. Определены направления и способы геоэкологических и минералого-геохимических ландшафтных исследований в Забайкалье. Показано, что традиционно проводимые исследования геохимии ландшафта не дают возможности понять источники и формы миграции и концентрирования химических элементов в ландшафте. Познание этих явлений и процессов возможно лишь на минералогической основе.

Ключевые слова: *минерал, форма миграции, водная миграция, геотехногенный ландшафт, редкие элементы, редкоземельные элементы, Забайкалье*

G. A. Yurgenson,
Doctor of Geological Mineralogical Sciences, Professor,
Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the SB RAS,
Transbaikal State University,
Chita, Russia

The problem of the study geochemistry of rare chemical elements and rare earth elements in geotehnogenical landscapes of mining areas in Transbaikalia

The problem of concentration of mineral forms, and the forms and conditions of migration in a landscape of rare and rare-earth elements. The directions and geo-ecological methods and mineralogical and geochemical landscape researches in Trans-Baikal. It is shown that traditionally conducted studies of geochemistry landscape make it impossible to understand the sources and forms of migration and concentration of chemical elements in the landscape. The knowledge of these phenomena and processes is possible only on the basis of mineralogical.

Keywords: *The mineral, form of migration, water migration, geotehnogenny landscape, rare elements, rare earth elements, Transbaikalia*

Одной из фундаментальных проблем геохимии является изучение концентраций и минеральных форм редких, редкоземельных и радиоактивных элементов в компонентах природных и антропогенных ландшафтов в геосистеме: горные породы (руды) – коры выветривания (зоны окисления) – почвы (технозёмы) – биота, условий их мобилизации, водной миграции и концентрирования в зоне гипергенеза в составе новообразованных минеральных фаз [6–8; 17]. Важно получение сравнительных данных о концентрациях и минеральных формах редких, редкоземельных и радиоактивных элементов в рудах и рудовмещающих горных породах месторождений различных рудных формаций, а также в компонентах геотехногенных ландшафтов, образованных в результате их разработки. Наиболее значимыми, соответствующими мировому уровню, или ранее неизученными и неизвестными представляются данные о современном минералообразовании, распределении изучаемых элементов в системе почва (технозём) – органы растений, в гидрогеохимии – данные по распределению и формам миграции в некоторых типах вод целого ряда химических элементов, в первую очередь Be, Zr, Y, РЗЭ [17].

Для практических целей сведения по содержанию в технозёмах, органах растений и водах редких и редкоземельных элементов будут наиболее важными в эколого-геохимическом отношении. Данные по водно-миграционным свойствам элементов могут использоваться в разработке геотехнологических методов извлечения полезных компонентов из природных и геотехногенных водоёмов, образовавшихся в придонных частях карьеров, куда стекают фильтрующиеся воды атмосферных осадков и подземных вод нарушенных гидрогеологических систем. Эти данные могут использоваться для разработки технологий очистки сточных вод промышленных предприятий и энергетических установок.

В последние годы резко возрос интерес к влиянию разработки рудных месторождений на окружающую среду и утилизацию отходов горного производства. Это определяется как необходимостью снижения в связи с этим экологической опасности, так и их экономическим потенциалом. Наиболее важными объектами интереса к ним являются как хвостохранилища, содержащие неизвлечённые редкие и редкоземельные элементы, так и техногенные гидрогеохимические системы. Привлекательность их обусловлена отсутстви-

ем необходимости производить добычу и измельчение обогащённого этими элементами материала. Даже при незначительных концентрациях полезных компонентов их добыча становится рентабельной. Особенно это касается водных объектов с растворёнными в них полезными компонентами. Наиболее экологичным могло бы стать селективное извлечение полезных компонентов из природных солёных озёр и техногенных или рудничных вод. Отсюда, очень важным является получение знаний о поведении редких и редкоземельных элементов в различных гидрогеохимических системах. Для решения этой задачи необходима информация об источниках элементов, поступающих в воды, механизмах их мобилизации, формах нахождения и путях их дальнейшей миграции, в том числе их возможного осаждения на природных геохимических барьерах. Использование такого подхода позволит получить наиболее полную картину водно-миграционных свойств редких и редкоземельных элементов. Первые опыты по извлечению их из рыхлых отложений в полостях жил показал, что они относительно легко вымываются водой [14; 15]. Весьма важным направлением стало изучение поведения химических элементов в растениях в сравнении с содержанием их в почвах и технозёмах [1; 2; 4; 9].

Для оценки попадания химических элементов в хвосты обогащения после 90 % их извлечения из руды использован коэффициент потерь, равный примерно 0,1. Тогда, используя данные таблицы 1, умножая их на 0,1, получаем, как это показано в этой же таблице, что практически все химические элементы, например, в результате разработки полиметаллических руд Нойон-Тологойского месторождения в Забайкалье попадают в отходы в концентрациях существенно выше ПДК и могут представлять экологическую опасность.

Таблица 1

Прогноз содержаний токсичных элементов в отходах обогащения руд Нойон-Тологойского месторождения

Элемент	*Среднее содержание в руде, г/т*	*Содержание в хвостах, г/т*	*ПДК, г/т*
Cu	4324	432,4	55
Zn	109 407	10 940,7	100
As	22 791	2279,1	2
Sb	8204	820,4	4,5
Pb	44 421	4442,1	30
Cd	976	97,6	2,0

В результате обобщения данных прошлых лет и изучения минералого-геохимического состава первичных и окисленных руд Бугдаинского, Верхнеалиинского, Новоширокинского, Нойон-Тологойского, Хапчерангинского, Бом-Горхонского и Александровского рудных полей, находящихся в различных климатических зонах, установлено, что они являются источниками определённых ассоциаций токсичных элементов, представленных в таблице 2.

Таблица 2

Ассоциации элементов в рудах месторождений определённых формаций, образующих токсичные их концентрации в ландшафте

Месторождение	*Формация*	*Геохимическая ассоциация*
Александровское	Золото-сульфидно-кварцевая	As, Sb, Pb, Mo
Верхнеалиинское	То же	Pb, Cu, Zn, Sb, Bi
Бугдаинское	Кварц-молибденовая порфировая	As, Sb, Pb, Zn, Ag, Mo, W, F
Хапчерангинское	Оловополиметаллическая	Sb, Pb, Mo, Zn, Cd, Sn, Bi, F
Бом-Горхонское	Грейзеновая кварцево-гюбнеритовая	Zn, Cd, Bi, W, Mo, Te
Новоширокинское	Золотополиметаллическая	As, Pb, Zn, Cd, Cu, Sb
Нойон-Тологойское	То же	As, Pb, Zn, Cd, Cu, Sb

Для Давендинской природно-геотехногенной системы с золото-молибденовой специализацией впервые определены коэффициенты перехода химических элементов из руд в геотехногенный ландшафт: $K_L = C_т / C_р$, где K_L – коэффициент перехода в геотехногенный ландшафт, $C_т$ – содержание элемента в технозёме, $C_р$ – содержание элемента в руде. Коэффициент K_L Давендинской природно-техногенной геосистемы зависит от минерального состава руды и способа технологии обогащения сульфидных руд. Он минимален (0,02) для главного рудного элемента Mo, всех элементов сульфидной ассоциации – Zn, Ag, Cu – (0,05–0,32) и возрастает у главных анионных элементов сульфосолей – As, Sb – (0,67–1,33), которые частично находятся в окисленной плохо флотируемой форме (скородит, стибиконит, сенармонтит) [11].

Изучены минеральный состав и геохимические особенности рудных тел первичных и окисленных

руд золота, вольфрама, молибдена, а также золотополиметаллических руд как источников химических элементов в природных, природно-техногенных и геотехногенных ландшафтах территорий действующих горно-обогатительных предприятий (Новоширокинский и Нойон-Тологойский золотополиметаллические, Александровский золотодобывающие рудники, Бом-Горхонский вольфрамовый рудник) и находящихся на стадии горно-подготовительных работ (Верхнеалиинское месторождение золота и Бугдаинское молибдена) в Забайкалье. Выявлены неизвестные ранее в рудах этих месторождений минералы (ватанабеит – $Cu_4(As, Sb)_2S_5$, фрейбергит $Ag_6[Cu_4Fe_2]Sb_4S_{13}$, аргентотетраэдрит $(Cu, Ag)_{12}Sb_4S_{13}$, халькостибит ($CuSbS_2$), фаматинит (Cu_3SbS_4), ферримолибденит, бетпакдалит). Установлено, что носителями Ag являются сульфосоли серебра (фрейбергит, аргентотетраэдрит, аргенторенантит, сурьмянистый ватанабеит, содержащий от 2,12 до 7, 29 % серебра). Получены новые данные по составу первичных руд месторождений золота различных формаций (Верхнеалиинское и Александровское) по содержаниям As, Cu и Pb. Для руд Новоширокинского месторождения установлена их относительно высокая сурьмянистость и относительно низкая мышьяковистость. Установлено, что источником Ni в ландшафте может быть пирит, содержащий до Ni 2,21 %, а источником Bi, кроме его собственных минералов также галенит, содержащий до 1,86 % этого элемента. Изучен состав минералов-носителей токсикантов As, Cu, Cd, Pb, Zn, Be, F, Tl и других, выявлены особенности их перехода в подвижное состояние, формы миграции и концентрирования в ландшафте, формы нахождения Cd, Pb, Zn в почвах и технозёме. Установлены не только существенные различия в концентрации As, Cu, Cd, Pb, Zn в ландшафтах территорий с развитием рудоносности различных формаций, но и для разных месторождений одной формации (Ново-Широкинское и Нойон-Тологойское). На примере Нойон-Тологойского рудника показан прогноз концентраций токсикогенов в хвостохранилище и в целом в геотехногенном ландшафте.

В результате обобщения данных прошлых лет и изучения минералого-геохимического состава первичных и окисленных руд Бугдаинского, Верхнеалиинского, Новоширокинского, Нойон-Тологойского, Хапчерангинского, Бом-Горхонского и Александровского рудных полей, находящихся в различных климатических зонах, установлено, что они являются источниками определённых типоморфных ассоциаций токсичных элементов, характеризующих месторождения определённых рудных формаций. При этом сквозным элементом для всех рудных формаций, кроме оловополиметаллической и гумбеитовой грейзеновой кварцево-гюбнерит-сульфидной, является As, и, за исключением гумбеитовой грейзеновой кварцево-гюбнерит-сульфидной, Sb. Свинец является сквозным для всех формаций, кроме гумбеитовой грейзеновой кварцево-гюбнерит-сульфидной, Zn – также для большинства формаций, кроме золото-сульфидно-кварцевой, Mo также для большинства формаций, кроме золотополиметаллической и большинства месторождений золото-сульфидно-кварцевой формации. Исключение составляют лишь золото-молибденовые месторождения. Наиболее опасный Cd типичен для всех формаций, кроме золоторудных и молибденовых. Содержания большинства изученных элементов (Cu, Zn, Cd, Pb, Bi, Sb, W, Sn, Ce) в технозёмах существенно превышают кларки и ПДК. Лишь для гумбеитовой грейзеновой кварцево-гюбнерит-сульфидной формации среднее содержание Zn находится на уровне ПДК при максимуме содержаний выше ПДК на полтора порядка. Выявлена прямая связь содержаний токсичных элементов в хвостохранилищах в зависимости от времени начала функционирования горных предприятий (период 1934–2007 гг.) и, соответственно, от совершенства технологии переработки и обогащения руд, возраставшего за рассмотренный более чем 70-летний период. Сделан вывод о необходимости первоочередной утилизации хвостохранилищ и складов горного производства 1930–1960-х гг.

Впервые обобщены данные о содержании Cr, Zn, Cd, Pb, Bi, Sb, Sn и других элементов в полыни Гмелина геотехногенных ландшафтов, и установлено, что их ассоциации соответствуют геохимической специализации рудного района. В Шерловогорском рудном районе установлена прямая связь доли тератоморфной пыльцы тарана узколистного от содержаний Cr, Cd и Ni, а мака голостебельного – от содержания в растении Pb, Sr и Cd. Степень полиморфизма пыльцы в условиях повышенного содержания токсикантов у мака более высокая, чем у тарана. Морфологические отклонения в пыльце мака могут быть критерием качества среды обитания.

Первые данные о барьерности-безбарьерности определённых видов пионерных растений относительно химических элементов-токсикогенов показали необходимость дальнейшего изучения возможности использования этого явления для решения проблемы биологической рекультивации геотехногенных массивов отходов горного производства и разработки государственной программы использования для нужд сельского хозяйства земель, отчуждённых в результате функционирования горнопромышленных предприятий.

В настоящее время накоплен обширный материал по содержанию редких и редкоземельных элементов (далее – РЗЭ) в различных геохимических обстановках. Появилось значительное число работ, посвящённых поведению РЗЭ в поверхностных водах рек, озёр, техногенных гидрогеологических системах. За рубежом активно проводятся прогнозные оценки для Li, B, Rb, Cs в солёных озёрах. По оценкам ряда исследователей, прогнозные запасы лития в природных рассолах Боливии, Чили, США (в частности, озера Сёрлз), Аргентины и Китая намного превышают все известные в мире ресурсы традиционных литиевых руд. В Афганистане из-

вестны природные воды с аномально высокими содержаниями бериллия. Всё это определяет современные направления поиска подобных объектов и разработки технологий извлечения металлов.

Забайкалье с его широким минералого-геохимическим спектром рудных месторождений и длительной историей их разработки предоставляет собою уникальный регион для исследований поведения многих химических элементов. Пока эти исследования находятся на начальном этапе и практически ограничиваются изучением РЗЭ горных пород рудных месторождений, в экспериментах по растворению их в воде [14], гидрохимии дренажных вод по узкому кругу элементов. Опыт сравнительного минералого-геохимического изучения природных и антропогеннных ландшафтов, накопленный в ИПРЭК СО РАН и ГИН СО РАН, показал чёткие причинно-следственные связи между концентрациями, минеральными формами халькофильных, сидерофильных, элементов II группы Периодической системы, а также As в рудах и рудовмещающих горных породах месторождений различных рудных формаций и в компонентах геотехногенных ландшафтов, образованных в результате их разработки в цепи: геологический субстрат → кора выветривания → почва → биота (микроорганизмы, растения, грибы, членистоногие, черви и др.) [10–12; 16]. Показано, что важнейшими факторами, определяющими поглощение химических элементов растениями, являются их формы нахождения в ландшафте [10; 18]. Подобные исследования для редких элементов и РЗЭ с использованием современных методов анализа не проводились.

Основной подход к решению задачи заключается в сравнительном изучении геосистем, территориально совпадающих с инфраструктурой закрытых, действующих или готовящихся к эксплуатации месторождений определённых рудных формаций. Методология решения основной задачи заключается в комплексировании минералого-геохимических и гидрогеохимических методов. Методы и подходы заключаются в комплексном изучении растворяемых водой горных пород и органических веществ, водного раствора и образуемых в конкретных условиях среды вторичных минеральных и органических соединений с таким расчётом, чтобы выявить баланс каждого из редких и редкоземельных элементов.

Наиболее важными представляются следующие задачи: 1) определение минеральных форм, концентраций и гипергенной миграции РЗЭ, редких и радиоактивных элементов в компонентах природных и антропогенных горнопромышленных ландшафтов с оруденением различных рудных формаций в цепи: горные породы (руды) – коры выветривания (зоны окисления) – почвы (технозёмы) – биота; 2) экспериментальное изучение перехода этих элементов в миграционное состояние; 3) физико-химическое моделирование современного минералообразования; 4) изучение распределения указанных элементов в органах растений, выявление барьерных и безбарьерных их видов с целью оценки возможности использования для биологической рекультивации.

Список литературы

1. Горбань Д. Н., Юргенсон Г. А. Свинец в полыни Гмелина (*Artemisia Gmelinii*) в природно-техногенном ландшафте Шерловогорского рудного района // Успехи современного естествознания. 2015. № 6. С. 97–101.

2. Горбань Д. Н., Юргенсон Г. А. Свинец в системе почва – растение в ландшафте Шерловогорского горнорудного района на примере *Polygonum angustifolium Pallas* (*Poiygonaceae*) // Успехи современного естествознания. 2016. № 12 (2). С. 32–40.

3. Ерёмин О. В., Эпова Е. С., Юргенсон Г. А. ,Смирнова О. К. Прогноз геоэкологических последствий разработки месторождения вольфрама Бом-Горхон (Забайкалье) // Химия в интересах устойчивого развития. 2014. Вып. 22. С. 125–131.

4. Решетова С. А., Солодухина М. А., Юргенсон Г. А. О связи полиморфизма и аномалий пыльцы тарана узколистного и мака голостебельного с повышенным содержанием в цветках и бутонах токсичных элементов // Экология. 2015. № 1. С. 33–39.

5. Солодухина М. А. Биогеохимические особенности поведения мышьяка в системе технозём – тополь душистый (*Populus suaveolens Fischer*) в антропогенных ландшафтах Шерловогорского рудного района (Забайкальский край) // Вестник КрасГАУ. 2013. № 7. С. 195–199.

6. Филенко Р. А., Смирнова О. К., Юргенсон Г. А. Новые данные об уилкоксите из Бом-Горхонского месторождения (Забайкальский край) // Минералогия техногенеза-2015. Миасс: ИМин УрО РАН, 2015. С. 160–166.

7. Юргенсон Г. А. Проблема минералогии и геохимии ландшафта исторических горнопромышленных территорий // Материалы XV Совещания географов Сибири и Дальнего Востока (г. Улан-Удэ, 10–13 сен. 2015 г.). Иркутск: Изд-во Ин-та географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 2015. С. 194–196.

8. Юргенсон Г. А. Результаты и проблемы изучения современного минералообразования в геотехногенных ландшафтах исторических горнопромышленных районов // Минералогия во всём пространстве сего слова: материалы XII Съезда Российского минералогического общества. СПб., 2015. С. 68–70.

9. Юргенсон Г. А. Современное минералообразование в геотехногенных ландшафтах исторических горнопромышленных районов с сульфидным оруденением: результаты и проблемы изучения // Кулагинские чтения: техника и технология производственных процессов: XV Междунар. науч.-практ. конф.: сб. ст.: в 3 ч. / ЗабГУ. Чита, 2015. С. 13–17.

10. Юргенсон Г. А., Горбань Д. Н. Свинец и висмут в полыни Гмелина хвостохранилища Шерловогорского ГОК (Юго-Восточное Забайкалье) // Вестник ЗабГУ. 2015. № 10 (125). С. 20–32.

11. Юргенсон Г. А., Смирнова О. К., Солодухина М. А., Филенко Р. А. Геохимические особенности руд и технозёмов хвостохранилища золото-молибденового рудника «Давенда» в Восточном Забайкалье // Литосфера. 2016. № 2. С. 91–106.

12. Юргенсон Г. А., Солодухина М. А. Мышьяк в зоне гипергенеза Шерловогорского горнорудного района // Вестник ЧитГУ. 2011. № 10 (77). С. 117–123.

13. Юргенсон Г. А., Солодухина М. А., Смирнова О. К. Сурьма в почвообразующих горных породах и почвах Шерловогорского рудного района (Восточное Забайкалье) // Вестник ЗабГУ. 2013. № 3 (94). С. 30–38.

14. Юргенсон Г. А., Шукшин В. В. Новые данные о формах нахождения цинка и кадмия в почвах и технозёмах природного и техногенного ландшафта Шерловогорской геохимической аномалии // Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий. Рациональное природопльзование. Современное минералообразование: труды V Всерос. симпозиума и XII Всерос. чтений памяти акад. А. Е. Ферсмана (г. Чита, 10–12 дек. 2014 г.). Чита, 2014. С. 64–67.

15. Юргенсон Г. А., Яковлева В. Н. Редкоземельные элементы иттриевой подгруппы в глинах и водных растворах продуктивных жил Шерловогорского месторождения // Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий. Рациональное природопльзование. Современное минералообразование: труды V Всерос. симпозиума и XII Всерос. чтений памяти акад. А. Е. Ферсмана (г. Чита, 10–12 дек. 2014 г.). Чита, 2014. С. 67–71.

16. Юргенсон Г. А., Яковлева В. Н. Редкоземельные элементы иттриевой подгруппы в глинах и промывных водных растворах рыхлого материала продуктивных жил Шерловой горы. // Вестник ЗабГУ. 2016. № 12. С. 31–42.

17. Soloduchina M. A., Yurgenson G. A. Biogeochemical Features of the Behavior of Arsenic in Sherlovogorsk Mining District of the Zabaikalsky Krai (Russia) // Mineralogical Magazine. 2013. Jul. P. 2234.

18. Yurgenson G. A. (Russian Federation), Němec V. (Czech Republic). Actual geoethical and geoenvironmental problems and history of developing geoethics in the Russian Federation // Abstracts of The international conference on geoethics (Prague – Příbram, October 9–19, 2015). Czech Republic, 2015. P. 14–15.

19. Yurgenson G. About the forms of lead in Soil Talling Dzhida Tungsten-Molybdenum Plant // 25th Anniversary Goldschmidt. 2015. Prague, CZ. August 16–21. P. 3553.

20. Yurgenson A., Kononov V. Sherlova Gora: a deposit for Gemstones and Rare Metals // Famous Mineral Localites of Russia: Sherlova Gora. Mineralogical Almanac. Ltd. Lakewood, CO80227. USA, 2014. V. 19. I. 2. P. 12–93.

МЕДИЦИНА

УДК [616.921.5-06:61624-002]-056.7

А. В. Говорин,
доктор медицинских наук, профессор,
Е. Н. Романова,
доктор медицинских наук профессор,
Читинская государственная медицинская академия,
г. Чита, Россия

Генетические особенности у больных гриппом H1N1/09, осложнённым пневмонией

Целью исследования явилось выявление особенностей полиморфизмов генов цитокинов (TNF G308A, IL10 C592A, IL10 C819T, IL10 G1082A), гена регуляторной молекулы воспаления (CD14 C159T) и регуляции сосудистого тонуса (eNOS C786T) у пациентов с гриппом A/H1N1, осложнённым пневмонией. Прогностическими факторами риска развития пневмонии при гриппе явились полиморфизмы гена IL10 592 CC, 819 CC, 1082 GG. Наибольшее значение в прогнозировании тяжёлого течения пневмонии имеют гаплотипы [TNF(308 GG); IL10(819 CC); (1082 GG)]. В качестве предикторов развития ОПЛ/ОРДС и летального исхода у больных гриппом A/H1N1/09 выявлены гаплотипы [TNF(308 GG); IL10(819 CC); (1082 GG)] и [TNF(308 GG); IL10(819 CC); (1082 GG); CD 14(159 CC)], соответственно.

Ключевые слова: *грипп H1N1, пневмония, полиморфизм генов, цитокины, эндотелиальная NO-синтаза*

A. V. Govorin,
Doctor of Medical Sciences, Professor,
E. N. Romanova,
Doctor of Medical Sciences, Professor,
Chita Medical Academy,
Chita, Russia

Genetic features of the patients with influenza H1N1/09, complicated by pneumonia

The aim of the study was to determine the characteristics of polymorphisms of cytokines (TNF G308A, IL10 C592A, IL10 C819T, IL10 G1082A), gene regulatory inflammatory molecules (CD14 C159T) and the regulation of vascular tone (eNOS C786T) in patients with influenza A/H1N1, complicated by pneumonia. Prognostic risk factors for pneumonia in influenza were IL10 gene polymorphisms of 592 CC, 819 CC, 1082 GG. The highest value in the prediction of severe pneumonia have haplotypes [TNF(308 GG); IL10(819 CC); (1082 GG)]. As predictors of the development of acute lung injury/acute respiratory distress syndrome and mortality in patients with influenza H1N1/09 revealed haplotypes [TNF(308 GG); IL10(819 CC); (1082 GG)] and [TNF(308 GG); IL10(819 CC); (1082 GG); CD14 (159 CC)], respectively.

Keywords: *influenza H1N1, pneumonia, polymorphism, cytokines, endothelial NO-synthase*

Начало новой пандемии гриппа было объявлено Всемирной Организацией Здравоохранения 11 июня 2009 г. Заболевание было вызвано вариантом вируса A/H1N1 – реассортантом, сочетающим сегменты от штаммов гриппа человека, свиней и птиц [5; 9]. К марту 2010 г. сообщалось о 17 700 летальных исходах среди пациентов с лабораторно подтверждённым гриппом H1N1 [9].

В России в числе первых пострадавших был Забайкальский край: в регионе зарегистрировано 57 летальных исходов [5; 8]. Наиболее частыми причинами смертей были тяжёлые поражения лёгких – пневмонии и острый респираторный дистресс-синдром. Неблагоприятные исходы наблюдались не только среди лиц с сопутствующими хроническими заболеваниями, но и среди молодых людей без существенной предшествующей патологии [5; 8; 12].

Известно, что реализация воспалительного ответа у разных лиц может существенно различаться по интенсивности и продолжительности. Различия в генах, контролирующих защитные реакции организма, могут определять различный характер протекания воспали-

тельного ответа и специфических иммунологических реакций при внедрении патогенов. В связи с этим актуальным явилось выявление особенностей полиморфизма генов цитокинов (TNF G308A, IL10 C592A, IL10 C819T, IL10 G1082A), гена регуляторной молекулы воспаления (CD14 C159T) и регуляции сосудистого тонуса (eNOS C786T) у пациентов с гриппом H1N1/09, осложнённым пневмонией.

Материалы и методы

Обследованы пациенты, находившиеся на лечении по поводу пневмонии на фоне высокопатогенного гриппа в стационарах г. Читы в период с октября по декабрь 2009 г.

Грипп A/H1N1 верифицирован методом полимеразной цепной реакции и при реакции торможения гемагглютинации: I группа (n = 37) – пациенты с тяжёлыми пневмониями на фоне гриппа H1N1/09; II (n = 74) – больные с нетяжёлыми пневмониями на фоне гриппа H1N1/09. Оценка тяжести пациентов в стационаре основывалась на степени дыхательной недостаточности, выраженности интоксикации, объёме воспалительной инфильтрации, наличии осложнений, декомпенсации сопутствующих заболеваний. III группа контроля (n = 115) – относительно здоровые лица. Все группы были сопоставимы по полу и возрасту (средний возраст 40,5 ± 12,7).

Молекулярно-генетические исследования генов цитокинов (TNF G308A, IL10 C592A, IL10 C819T, IL10 G1082A), гена регуляторной молекулы воспаления (CD14 C159T) и регуляции сосудистого тонуса (eNOS C786T) проводились методом ПЦР с аллель-специфичными праймерами (НПФ «Литех», Россия, г. Москва). Выделение ДНК осуществлялось при помощи наборов «ДНК-экспресс кровь» (НПФ «Литех», Россия, г. Москва). Детекция продуктов амплификации проводилась электрофоретическим способом в трёхпроцентном агарозном геле.

Статистическая обработка данных проводилась с использованием пакета программ Statistica (версия 6.1, StatSoft). Для сравнения групп по качественному бинарному признаку применялся критерий χ^2 (точный критерий Фишера). Для определения частот аллельных вариантов генов использовался закон Харди – Вайнберга. Оценка ассоциаций рассчитывалась в значениях показателей ОР = A / (A + B) / C / (C + D) и ОШ = AD / BC. При проведении логистического регрессионного анализа в математическую модель включались лишь те показатели, которые продемонстрировали наличие статистически значимой корреляции с результирующим (зависимым) признаком.

Результаты и обсуждение

К настоящему времени имеются единичные сведения о роли полиморфизма генов цитокинов в иммунопатогенезе пневмоний, однако, эти данные широко варьируются. Практически не изучены особенности цитокинового профиля, и роль полиморфизма генов цитокинов при пневмониях у больных на фоне гриппа H1N1/09. TNFα является одним из наиболее значимых цитокинов при развитии патологии, и генетически запрограммированный повышенный или пониженный синтез фактора некроза опухолей сказывается на реактивности иммунитета [2; 6; 7].

Промоторная зона гена TNFα включает восемь полиморфных участков с единичными нуклеотидными заменами. Важной зоной для человека считается замещение гуанина на аденин в положении 308 G/A [2].

По исследованию Е. А. Байгозиной (2008 г.), при изучении нозокомиальных пневмоний риск развития заболевания оказался выше у носителей генотипов G/A + A/A. У больных при носительстве генотипа A/A гена TNF наблюдалась максимальная концентрация данного цитокина в сыворотке крови по сравнению с генотипами G/G и G/A, что обусловливало патогенетическое действие данного полиморфизма [2]. Однако полученные нами данные, напротив, продемонстрировали, что гомозиготное носительство аллели G полиморфизма (308 G/A) гена TNF в 1,3 раза чаще наблюдалось у пациентов с гриппозными пневмониями (p = 0,02), в то время как гетерозиготы G/A встречались в 1,5 раза реже среди больных, чем в контрольной группе (p = 0,02). Отношение шансов того, что у носителей генотипа GG полиморфизма TNF 308 G/A разовьётся гриппозная пневмония, к шансам того, что событие не произойдёт, равно 2, что отражено в таблице 1. Кроме того, у обследованных пациентов с острым повреждением лёгких (ОПЛ) (6 человек) и острым респираторным дистресс-синдромом (ОРДС) (5 человек) в 8 случаях (73 %) присутствует GG генотип TNF 308G/A, в том числе у 3 умерших. Аналогичные данные при гриппе H1N1/09 получены в исследованиях А. А. Петрова и Ю. А. Витковского (2010 г.) [10].

IL10 – наиболее активный противовоспалительный цитокин. Б. М. Шааф (B. M. Schaaf) и соавторы обнаружили (2003 г.), что концентрация IL 10 в сыворотке крови у больных с сепсисом с генотипом 1082 G/G была выше по сравнению с носителями генотипов A/A или A/G. Это ассоциировалось с высоким уровнем летальности [17]. П. М. Галлахер (P. M. Gallagher) и соавторы выявили (2003 г.) ассоциацию между 1082 G/G генотипом и степенью тяжести и уровнем летальности при пневмонии [14]. М. Н. Гонг (M. N. Gong) и соавторы продемонстрировали (2006 г.) взаимосвязь между генотипом 1082 G/G и развитием ОРДС [14].

В нашем исследовании G-аллель гена IL10(1082 G/A) значительно доминировала у пациентов с гриппозной пневмонией (84,5 %), преимущественно в виде гомозиготного носительства (p = 0,006; ОР = 1,3; ОШ = 3), в то время как гетерозиготы G/A встречались в 3,2 раза чаще среди здоровых лиц (p = 0,00001). Отношение шансов того, что при генотипе GG полиморфизма IL10 1082 G/A разовьётся пневмония, к шансам того, что событие не произойдёт равно пяти, что отражено в таблице 2.

Таблица 1

Распределение частот аллелей и генотипов полиморфизма гена TNF G308A у больных гриппом H1N1/09, осложнённым пневмонией

Генетический маркер	*Пациенты с тяжёлой пневмонией*	*Пациенты с нетяжёлой пневмонией*	*Пациенты с пневмонией, всего*	*Контрольная группа*
TNF G308A	n = 36	n = 74	n = 110	n = 115
Аллель G	30,5 (84,7 %) p = 0,5 ОР = 1,1 ОШ = 1,4	57,5 (78 %)	88 (80 %) p_1 = 0,1 $ОР_1$ = 1,1 $ОШ_1$ = 1,5	83,5 (72,6 %)
Аллель A	5,5 (15,3 %) p = 0,5 ОР = 0,7 ОШ = 0,7	16,5 (22 %)	22 (20 %) p_1 = 0,1 $ОР_1$ = 0,7 $ОШ_1$ = 0,7	31,5 (27,4 %)
G/G	26 (72,2 %) p = 0,3 ОР = 1,2 ОШ = 1,5	45 (61 %)	71 (64,5 %) p_1 = 0,02 $ОР_1$ = 1,3 $ОШ_1$ = 2	57 (49,6 %)
G/A	9 (25%) p = 0,4 ОР = 0,8 ОШ = 0,7	25 (34 %)	34 (31 %) p_1 = 0,02 $ОР_1$ = 0,7 $ОШ_1$ = 0,5	53 (46 %)
A/A	1 (2,8 %) p = 0,5 ОР = 0,5 ОШ = 0,5	4 (5 %)	5 (4,5 %) p_1 = 1 $ОР_1$ = 1 $ОШ_1$ = 1	3 (5 %)

Примечание:
p – статистическая значимость различий между группами больных с различной степенью тяжести;
p_1 – статистическая значимость различий между больными и контролем;
ОР – риск развития тяжёлой пневмонии при данном генетическом маркере по сравнению с группой нетяжёлой пневмонии;
$ОР_1$ – риск развития пневмонии при данном генетическом маркере по сравнению с контрольной группой;
ОШ – отношение шансов того, что при данном генетическом маркере разовьётся тяжёлая пневмония, к шансам того, что разовьётся нетяжёлая пневмония;
$ОШ_1$ – отношение шансов того, что при данном генетическом маркере разовьётся пневмония, к шансам того, что событие не произойдёт

Таблица 2

Распределение частот аллелей и генотипов полиморфизма генов IL10 C592A, IL10 C819T, IL10 G1082A у больных гриппом H1N1/09, осложнённым пневмонией

Генетический маркер	*Пациенты с тяжёлой пневмонией*	*Пациенты с нетяжёлой пневмонией*	*Пациенты с пневмонией, всего*	*Контрольная группа*
IL10 C592A	n = 37	n = 73	n = 110	n = 115
Аллель C	26 (70 %) p = 0,7 ОР = 1 ОШ = 1,2	49 (66,5 %)	75 (68,2 %) p_1 = 0,04 $ОР_1$ =1,2 $ОШ_1$ = 1,7	63,5 (55,2 %)
Аллель A	11 (30 %) p = 0,7 ОР = 0,9 ОШ = 0,9	24 (33,5 %)	35 (31,8 %) p_1 = 0,04 $ОР_1$ = 0,7 $ОШ_1$ = 0,6	51,5 (44,8 %)
C/C	20 (54 %) p = 0,9 ОР = 1 ОШ = 1	39 (53 %)	59 (53,6 %) p_1 = 0,00001 $ОР_1$ = 2 $ОШ_1$ = 3,5	31 (27 %)
C/A	12 (32 %) p = 0,6 ОР = 1,2 ОШ = 1,3	20 (27 %)	32 (29,1 %) p_1 = 0,00001 $ОР_1$ = 0,5 $ОШ_1$ = 0,3	65 (56,5 %)

A/A	5 (14%) p=0,5 OP=0,7 ОШ=0,7	14 (20%)	19 (17,2%) p_1=0,8 OP_1=0,8 $ОШ_1$=0,8	19 (16,5%)
IL10 C819T	n = 34	n = 72	n = 106	n = 115
Аллель C	27 (79,4 %) p = 0,7 OP = 1 ОШ = 1,2	55 (76,4 %)	82 (77,4 %) p_1 = 0,08 OP_1 = 1,2 $ОШ_1$ = 1,7	77 (67 %)
Аллель T	7 (20,6 %) p = 0,7 OP = 0,9 ОШ = 0,8	17 (23,6 %)	24 (22,6 %) p_1 = 0,08 OP_1 = 0,7 $ОШ_1$ = 0,6	38 (33 %)
C/C	24 (70,6 %) p = 0,4 OP = 1,1 ОШ = 1,4	45 (62,5 %)	69 (65,1 %) p_1 = 0,03 OP_1 = 1,3 $ОШ_1$ = 1,8	59 (51,3 %)
C/T	6 (17,6 %) p = 0,3 OP = 0,6 ОШ = 0,6	20 (27,8 %)	26 (24,5 %) p_1 = 0,3 OP_1 = 0,8 $ОШ_1$ = 0,9	36 (31,3 %)
T/T	4 (11,8 %) p = 0,7 OP = 1,2 ОШ = 1,2	7 (9,7 %)	11 (10,4 %) p_1 = 0,1 OP_1 = 0,6 $ОШ_1$ = 0,6	20 (17,4 %)
IL10 G1082A	n = 34	n = 72	n = 106	n = 115
Аллель G	30 (88 %) p = 0,5 OP = 1,1 ОШ = 1,6	59,5 (82,6 %)	89,5 (84,5 %) p_1 = 0,0006 OP_1 = 1,3 $ОШ_1$ = 3	74 (64,3 %)
Аллель A	4 (12 %) p = 0,5 OP = 0,6 ОШ = 0,6	12,5 (17,4 %)	16,5 (15,5 %) p_1 = 0,0006 OP_1 = 0,4 $ОШ_1$ = 0,3	41 (35,7 %)
G/G	27 (79 %) p = 0,5 OP = 1,1 ОШ = 1,4	54 (75 %)	81 (76,4 %) p_1 = 0,0000 OP_1 = 2 $ОШ_1$ = 5	45 (39,1 %)
G/A	6 (18 %) p = 0,8 OP = 1,1 ОШ = 1,1	11 (15,3 %)	17 (16 %) p_1 = 0,0000 OP_1 = 0,3 $ОШ_1$ = 0,2	58 (50,4 %)
A/A	1 (3 %) p = 0,2 OP = 0,3 ОШ = 0,3	7 (9,7 %)	8 (7,5 %) p_1 = 0,5 OP_1 = 0,6 $ОШ_1$ = 0,6	12 (10,4 %)
Примечание: см. прил. к табл. 1				

В работе О. Н. Сабитовой (2009 г.) при изучении полиморфизма IL10 1082 G/A у больных с внебольничной пневмонией также выявлено, что GG генотип ассоциирован с затяжным течением пневмонии и развитием осложнений [13].

При изучении полиморфизма (819 C/T) гена IL10 выявлено, что встречаемость гомозиготного носительства C/C среди заболевших пневмонией на фоне гриппа A/H1N1/09, по сравнению с контрольной группой, выше в 1,3 раза (p = 0,03). Отношение шансов того, что у носителей данного генетического маркера разовьётся гриппозная пневмония равно 1,8. Обращает на себя внимание, что у всех исследованных больных с ОПЛ/ОРДС (11 человек) выявлено носительство гаплотипа [IL10(819 CC); (1082 GG)].

Из немногочисленных данных о роли полиморфизма (592 C/A) гена IL10 при инфекционных заболеваниях известно, что у больных с туберкулёзом преобладало гомозиготное носительство аллели A. При этом у пациентов выявлены максимальные уровни IL10, а у больных с генотипом C/C обнаружен наиболее низкий уровень изучаемого цитокина [1].

В нашей работе частота С-аллели гена IL10(592 C/A) оказалась больше среди пациентов заболевших гриппом, при этом превалировал генотип С/С. Отношение шансов развития пневмонии у носителей генотипа СС полиморфизма IL10 592 C/A, к шансам того, что событие не произойдет, равно 3,5. Данные представлены в таблице 2.

Немаловажное значение в предрасположенности к инфекционному процессу имеет полиморфизм гена, кодирующего экспрессию регуляторной молекулы воспаления CD 14 как паттерн-распознающего рецептора. Примерами молекулярных паттернов служат липополисахариды грамотрицательных бактерий, пептидогликаны грамположительных микроорганизмов, вирусная двуспиральная РНК. В гене CD 14 обнаружен функциональный полиморфизм, связанный с заменой нуклеотидов С на Т в положении 159, что приводит к повышению экспрессии CD 14 на моноцитах и параллельному увеличению уровня растворимого CD 14 [2; 10].

В работе Е. А. Байгозиной (2010 г.) при изучении нозокомиальной пневмонии выявлено, что в группе пациентов с тяжёлым течением заболевания наличие аллеля Т ассоциировалось с риском инфицирования грамотрицательной микрофлорой [2]. Однако в других исследованиях показано, что указанный функциональный полиморфизм не влияет на развитие сепсиса и смертность больных. Так, Ф. Ф. Юан (F. F. Yuan) установил (2007 г.), что СС-аллель этого полиморфизма связана с осложнённым течением ОРДС [18].

В нашей работе при изучении полиморфизма (159 С/Т) гена CD 14 не выявлено различий в распространённости генотипов С/С и С/Т в изучаемых группах. Однако встречаемость генотипа Т/Т среди заболевших пневмонией на фоне гриппа A/H1N1/09 была меньше в 2,2 раза по сравнению с контрольной группой (p = 0,03), что отражено в таблице 3.

Обращает на себя внимание, что исследованные умершие пациенты (3 человека) являлись носителями гомозиготы С/С полиморфизма (159 СТ) гена CD 14. Подобный факт в исследовании при гриппе H1N1/09 продемонстрировали А. А. Петров и Ю. А. Витковский (2010 г.) [10], которые высказали предположение, что склонность к более благоприятному протеканию гриппа у носителей генотипа ТТ связана с высокой промоторной активностью Т-аллели, что приводит к усилению экспрессии CD 14 и повышению уровня sCD 14.

Таблица 3

Распределение частот аллелей и генотипов полиморфизма гена CD14 C159T у больных гриппом H1N1/09, осложнённым пневмонией

Генетический маркер	***Пациенты с тяжёлой пневмонией***	***Пациенты с нетяжёлой пневмонией***	***Пациенты с пневмонией, всего***	***Контрольная группа***
CD14 C159T	n = 34	n = 72	n = 106	n = 115
Аллель С	21,5 (63,2 %) p = 0,9 ОР = 1 ОШ = 1	45 (62,5 %)	66,5 (62,7 %) p_1 = 0,1 $ОР_1$ = 1,2 $ОШ_1$ = 1,5	60 (52,2 %)
Аллель Т	12,5 (36,8 %) p = 0,9 ОР = 1 ОШ = 1	27 (37,5 %)	39,5 (37,3 %) p_1 = 0,1 $ОР_1$ = 0,8 $ОШ_1$ = 0,7	55 (47,8 %)
С/С	15 (44,2 %) p = 0,7 ОР = 1,1 ОШ = 1,2	29 (40,3 %)	44 (41,5 %) p_1 = 0,2 $ОР_1$ = 1,3 $ОШ_1$ = 1,4	38 (33 %)
С/Т	13 (38,2 %) p = 0,5 ОР = 0,8 ОШ = 0,7	32 (44,4 %)	45 (42,5 %) p_1 = 0,5 $ОР_1$ = 1,2 $ОШ_1$ = 1,3	44 (38,3 %)
Т/Т	6 (17,6 %) p = 0,8 ОР = 1,1 ОШ = 1,1	11 (15,3 %)	17 (16 %) p_1 = 0,02 $ОР_1$ = 0,5 $ОШ_1$ = 0,5	33 (28,7 %)
Примечание: см. прим. к табл. 1				

Учитывая, что гаплотип [TNF(308 GG); IL10(819 CC); (1082 GG)] ассоциирован с развитием ОПЛ/ОРДС, а гаплотип [TNF(308 GG); IL10 (819 CC); (1082 GG); CD14 (159 CC)] с летальным исходом у больных гриппом H1N1/09, мы провели сравнительный анализ встречаемости данных генетических комбинаций в исследуемых группах. Оказалось, что гаплотип [TNF(308 GG); IL10(819 CC); (1082 GG)] у заболевших по сравнению с контролем выявлен в 4,8 раз чаще ($p < 0,001$). У пациентов с тяжёлым течением пневмонии данная генетическая комбинация встречается в половине случаев, что в 2,6 раза чаще по сравнению с меньшей степенью тяжести ($p = 0,001$). Отношение шансов, что при пневмонии на фоне гриппа будет тяжёлое течение заболевания, у носителей данного гаплотипа равно 4,1. Гаплотип [TNF(308 GG); IL10(819 CC); (1082 GG); CD4(159 CC)] также оказался более распространённым среди заболевших гриппозной пневмонией по сравнению с группой контроля – в 6,1 раза ($p = 0,006$). У больных с тяжёлыми пневмониями выявлен в 5,7 раз больше по сравнению с заболевшими нетяжёлой формой ($p = 0,004$). Отношение шансов, что у заболевших, носителей комбинации [TNF(308 GG); IL10(819 CC); (1082 GG); CD14(159 CC)] течение пневмонии будет тяжёлым, равно 7,1. Отношение шансов того, что у носителей изучаемых гаплотипов разовьётся пневмония, к шансам того, что событие не произойдёт, равно 6,5. Данные представлены в таблице 4.

Таблица 4

Встречаемость генетических комбинаций у больных гриппом H1N1/09, осложнённым пневмонией

Гаплотип	*Пациенты с тяжёлой пневмонией, n = 34*	*Пациенты с нетяжёлой пневмонией, n = 72*	*Пациенты с пневмонией, (всего) n = 106*	*Контрольная группа, n = 115*
[TNF (308 GG); IL10(819 CC); IL10(1082 GG)]	17 (50 %) p = 0,001 ОР = 2,6 ОШ = 4,1	14 (19,4 %)	31 (29,2 %) $p_1 = 0,0000$ $ОР_1 = 4,8$ $ОШ_1 = 6,5$	7 (6,1 %)
[TNF(308 GG); IL10(819 CC); IL10(1082 GG); CD14(159 CC)]	8 (23,5 %) p = 0,004 ОР = 5,7 ОШ = 7,1	3 (4,2 %)	11 (10,4 %) $p_1 = 0,006$ $ОР_1 = 6$ $ОШ_1 = 6,5$	2 (1,7 %)
Примечание: см. прим. к табл. 1				

У 72,7 % исследованных пациентов с развившимся ОПЛ/ОРДС присутствует гаплотип [TNF(308 GG); IL10(819 CC); (1082 GG)], что в 3 раза превышает встречаемость данной комбинации у остальных больных гриппом H1N1/09. Отношение шансов развития ОПЛ/ОРДС при гриппозной пневмонии у носителей гаплотипа [TNF(308 GG); IL10(819 CC); (1082 GG)] равно 8,4. У троих из этих пациентов ОРДС явился причиной летального исхода. При этом у всех исследованных погибших больных также обнаружено носительство полиморфизма CD14(159 CC). Примечательно, что гаплотип [TNF(308 GG); IL10(819 CC); (1082 GG); CD14(159 CC)] у больных с ОПЛ/ОРДС выявлен в 5 раз чаще по сравнению с пациентами без этого осложнения. Данные отражены в таблице 5.

Известно, что при гриппе в основе поражения различных органов и систем большую роль играют циркуляторные расстройства, в этой связи особый интерес представляет выявление предрасположенности к нарушениям в системе регуляции сосудистого тонуса. К эндотелиальным факторам дилатации относится и оксид азота (NO). Кроме того, NO угнетает пролиферацию клеток в гладкомышечном слое сосудов, ингибирует агрегацию тромбоцитов и адгезию нейтрофилов к эндотелию сосудов, способен вызывать повреждение клеток, в частности эндотелия, путём генерации свободных радикалов [17]. В работе К. Марко (K. Marco) (2011 г.) установлено, что к уменьшению концентрации NO в кровеносном русле предрасполагает вариант 786C гена eNOS [16].

Таблица 5

Встречаемость генетических комбинаций у больных гриппом A/H1N1/09, осложнённым пневмонией

Гаплотип	*Пациенты с ОПЛ/ОРДС, n = 11*	*Пациенты без ОПЛ/ОРДС, n = 95*	*Пациенты с летальным исходом, n = 3*	*Пациенты с выздоровлением, n = 103*
[TNF(308 GG); IL10(819 CC); IL10(1082 GG)]	8 (72,7 %) p = 0,002 ОР = 3 ОШ = 8,4	23 (24,2 %)	3 (100 %) $p_1 = 0,03$ $ОР_1 = 3,7$ $ОШ_1 = 8,1$	28 (27,2 %)

Окончание табл. 5

Гаплотип	*Пациенты с ОПЛ/ОРДС, n = 11*	*Пациенты без ОПЛ/ОРДС, n = 95*	*Пациенты с летальным исходом, n = 3*	*Пациенты с выздоровлением, n = 103*
[TNF(308 GG); IL10(819 CC); IL10 (1082 GG); CD14 (159 CC)]	4 (36,4 %) p = 0,01 ОР = 5 ОШ = 7,2	7 (7,4 %)	3 (100 %) p_1 = 0,0000 $ОР_1$ = 13 $ОШ_1$ = 35,6	8 (7,7 %)

Примечание:
p – статистическая значимость различий между группами больных с наличием и отсутствием ОПЛ/ОРДС;
p_1 – статистическая значимость различий между пациентами с летальным исходом и выздоровлением;
ОР – риск развития ОПЛ/ОРДС при данном гаплотипе по сравнению с группой пациентов без ОПЛ/ОРДС;
$ОР_1$ – риск развития летального исхода при данном гаплотипе по сравнению с пациентами с выздоровлением;
ОШ – отношение шансов того, что при данном генетическом маркере разовьётся ОПЛ/ОРДС, к шансам того, что событие не произойдёт;
$ОШ_1$ – отношение шансов того, что при данном генетическом маркере будет летальный исход, к шансам того, что событие не произойдёт

Исследование полиморфизма гена эндотелиальной NO-синтазы (786 C/T) у заболевших пневмонией на фоне гриппа A/H1N1 выявило преобладание аномальной гомозиготы T/T. Отношение шансов развития пневмонии при гриппе H1N1 у носителей генотипа TT гена eNOS C786T равно 3,6. Гетерозиготы C/T у заболевших в 2,5 раза меньше наблюдались по сравнению с контрольной группой, что отражено в таблице 6.

Полученные нами факты согласуются с исследованиями Е. С. Кострюкова с соавторами, в которых на небольшом количестве тяжёлых пациентов с гриппом H1N1, включая 5 случаев с летальным исходом, были продемонстрированы аналогичные данные [3].

Таблица 6

Распределение частот аллелей и генотипов полиморфизма гена eNOS C786T у больных гриппом A/H1N1/09, осложнённым пневмонией

Генетический маркер	*Пациенты с тяжёлой пневмонией*	*Пациенты с нетяжёлой пневмонией*	*Пациенты с пневмонией, всего*	*Контрольная группа*
eNOS C786T	n = 36	n = 74	n = 110	n = 100
Аллель C	18 (50 %) p = 0,2 ОР = 1,3 ОШ = 1,7	27,5 (37 %)	45,5 (41,5 %) p_1 = 0,2 $ОР_1$ = 0,8 $ОШ_1$ = 0,7	51 (51 %)
Аллель T	18 (50 %) p = 0,2 ОР = 0,8 ОШ = 0,6	46,5 (63 %)	64,5 (58,5 %) p_1 = 0,2 $ОР_1$ = 1,2 $ОШ_1$ = 1,5	49 (49 %)
C/C	13 (36 %) P = 0,3 ОР = 1,3 ОШ = 1,5	20 (27 %)	33 (30 %) p_1 = 0,2 $ОР_1$ = 1,4 $ОШ_1$ = 1,5	22 (22 %)
C/T	10 (28 %) p = 0,4 ОР = 1,4 ОШ = 1,5	15 (20 %)	25 (23 %) p_1 = 0,0000 $ОР_1$ = 0,4 $ОШ_1$= 0,2	58 (58 %)
T/T	13 (36 %) p = 0,1 ОР = 0,7 ОШ = 0,5	39 (53 %)	52 (47 %) p_1 = 0,0000 $ОР_1$ = 2,4 $ОШ_1$ = 3,6	20 (20 %)

Примечание:
см. прим. к табл. 1

Данные молекулярно-генетического исследования больных продемонстрировали вклад различных генотипов в развитие пневмонии на фоне гриппа H1N1/09. Для оценки степени влияния изученных генотипов на формирование осложнений при гриппе H1N1/09 проведена бинарная логистическая регрессия, изучалось влияние аллелей и полиморфизмов генов TNF G308A, IL10 C592A, IL10 C819T, IL10 G1082A, CD14 C159T; eNOS C786T; а также гаплотипов [TNF(308 GG); IL10(819 CC); (1082 GG)] и [TNF(308 GG); IL10(819 CC); (1082 GG); CD14(159 CC)] на развитие осложнений и исходы при гриппе H1N1/09. Установлено, что наиболее тесно связанными с наличием пневмонии на фоне гриппа H1N1/09 явились IL10 592 CC, IL10 819 CC, IL10 1082 GG. При построении итогового уравнения бинарной логистической регрессии $\chi^2 = 55,12$ при уровне значимости $p < 0,0001$, что свидетельствует о высокой достоверности данной математической модели. Предсказательная ценность – 73 %.

Наиболее тесно связанным с тяжёлым течением пневмонии на фоне гриппа H1N1/09 оказался гаплотип [TNF(308 GG); IL10(819 CC); (1082 GG)]. При построении итогового уравнения бинарной логистической регрессии для гаплотипа [TNF(308 GG); IL10(819 CC); (1082 GG)] $\chi^2 = 7,8$ при уровне $p = 0,005$, что свидетельствует о высокой значимости данной модели. Предсказательная ценность – 71 %.

Наиболее тесно связанным с развитием ОПЛ/ОРДС при гриппе H1N1/09 также оказался гаплотип [TNF(308 GG); IL10(819 CC); (1082 GG)]. При построении итогового уравнения бинарной логистической регрессии для гаплотипа [TNF(308 GG); IL10(819 CC); (1082 GG)] $\chi^2 = 11$ при уровне значимости $p = 0,0009$, что свидетельствует о высокой достоверности данной модели.

Наиболее тесно связанным с развитием летального исхода при гриппе H1N1/09 явился гаплотип [TNF(308 GG); IL10(819 CC); (1082 GG); CD14(159 CC)]. При построении итогового уравнения бинарной логистической регрессии для гаплотипа [TNF(308 GG); IL10(819 CC); (1082 GG); CD14(159 CC)] $\chi^2 = 14,9$ при уровне значимости $p = 0,0001$, что свидетельствует о высокой достоверности данной математической модели.

Таким образом, полученные нами данные продемонстрировали, что у больных гриппом H1N1/09, осложнённым пневмонией, встречалось чаще гомозиготное носительство аллеля G полиморфизма (308 G/A) гена TNF по сравнению с контрольной группой. У заболевших значительно преобладала G-аллель гена IL10(1082 G/A), преимущественно в виде гомозиготного носительства. У пациентов с гриппозными пневмониями превалировала C-аллель гена IL10(592 C/A), в большей степени в виде гомозиготного варианта. Гомозиготное носительство гена IL10(819 C/T) T/T и гена CD14 (159 C/T) T/T оказалось значительно ниже по сравнению с группой здоровых лиц. Установлено преобладание гомозиготы T/T полиморфизма (786 C/T) гена eNOS среди заболевших гриппозной пневмонией, напротив, в контрольной группе выявлены преимущественно носители гетерозиготы C/T. Гаплотипы [TNF(308 GG); IL10(819 CC); (1082 GG)] и [TNF(308 GG); IL10 (819 CC); (1082 GG); CD14 (159 CC)] были более распространены среди заболевших по сравнению с контролем и встречались преимущественно при тяжёлом течении пневмонии.

Использование бинарной логистической регрессии позволило определить наиболее тесно связанные генотипы с развитием осложнений при гриппе H1N1/09 [9]. Прогностическими факторами риска развития пневмонии у больных гриппом H1N1/09 явились полиморфизмы гена IL10 592 CC, 819 CC, 1082 GG. Наибольшее значение в прогнозировании тяжёлого течения пневмонии при гриппе H1N1/09 имеют гаплотипы [TNF(308 GG); IL10(819 CC); (1082 GG)]. В качестве предикторов развития ОПЛ/ОРДС и летального исхода у больных гриппом H1N1/09 выявлены гаплотипы [TNF(308 GG); IL10(819 CC); (1082 GG)] и [TNF(308 GG); IL10(819 CC); (1082 GG); CD14 (159 CC)], соответственно.

В дальнейшем изучение генетического статуса пациента при гриппе позволит оценивать тяжесть заболевания и прогнозировать возможные осложнения.

Список литературы

1. Аллельный полиморфизм генов цитокинов при туберкулёзе лёгких / Наследникова И. О. [и др.] // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2009. № 8. С. 137–142.
2. Байгозина Е. А., Совалкин В. И. Функциональный полиморфизм генов регуляторных молекул и цитокинов при нозокомиальной пневмонии // Пульмонология. 2008. № 1. С. 116–120.
3. Генетический анализ вируса гриппа A/H1N1 «пандемический» в условиях эпидемии / Кострюкова Е. С. [и др.] // Терапевтический архив. 2012. № 3. С. 48–54.
4. Говорин А. В., Серебрякова О. М., Филев А. П., Романова Е. Н. Клинические особенности внебольничной пневмонии у больных гриппом A/H1N1 // Пульмонология. 2010. № 5. С. 27–29.
5. Клинические и патогенетические закономерности гриппа H1N1/09 / под ред. А. В. Говорина. Новосибирск: Наука, 2015. 303 с.
6. Маркелова Е. В., Костюшко А. В., Красников В. Е. Патогенетическая роль нарушений в системе цитокинов при инфекционно-воспалительных заболеваниях // Тихоокеанский медицинский журнал. 2008. № 3. С. 24–29.
7. Мироманова Н. А. Ассоциация генетического полиморфизма гена TNF-α (G-308A) с формированием тяжёлых и осложнённых форм гриппа у детей // Журнал инфектологии. 2013. № 4. С. 30–36.
8. Организация и проведение противоэпидемических мероприятий в период эпидемии гриппа A/H1N1/09 – в октябре–декабре 2009 г. – в Забайкальском крае / под ред. Г. Г. Онищенко. Новосибирск: Наука, 2011. 268 с.
9. Пандемический грипп в России: отличительные особенности клинического течения и отсутствие ранней этиотропной терапии как фактор риска развития тяжёлых форм заболевания / Л. В. Колобухина [и др.] // Терапевтический архив. 2011. № 9. С. 48–53.

10. Петров А. А., Страмбовская Н. Н., Говорин А. В., Витковский Ю. А. Генетический полиморфизм CD14, TNFα и FCGR2A у больных гриппом A H1N1 в Забайкальском крае // Медицинская иммунология. 2011. № 1. С. 83–86.

11. Петухов В. А. Эндотелиальная дисфункция: современное состояние вопроса // Consilium Medicum. 2008. № 1. С. 3–11.

12. Романова Е. Н. Пневмонии у больных гриппом A/H1N1/09: клинико-патогенетические закономерности и исходы: автореф. дис. … д-ра мед. наук: 14.01.01. Чита, 2014. 42 с.

13. Сабитова О. Н. Полиморфизм генов и продукция основных иммунорегуляторных цитокинов при внебольничной пневмонии // Омский научный вестник. 2009. № 1. С. 42–45.

14. Gallagher P. M., Lowe G., Fitzgerald T. Association of IL-10 polymorphism with severity of illness in community-acquired pneumonia // Thorax 2003. V. 58. P. 154–156.

15. Gong M. N., Thompson B. T., Williams P. L. Interleukin-10 polymorphism in position 1082 and acute respiratory distress syndrome // Eur Respir. J. 2006. V. 27. P. 674–681.

16. Marco K. C., Braga G. U., Barbosa F. Determination of the effects of eNOS gene polymorphisms (T-786C and Glu298Asp) on nitric oxide levels in a methylmercure-exposed population. Toxicology and environmental health. Part A, 2011. P. 1323–1333.

17. Schaaf B. M., Boehmke F., Esnaashari H. Pneumococcal septic shock is associated with the interleukin-10 - 1082 gene promoter polymorphism // Am. J. Respir. Crit. Care Med. 2003. № 168. P. 476–480.

18. Yuan F. F. High prevalence of the CD14-159CC genotype in patients infected with severe acute respiratory syndrome-associated coronavirus // Clin Vaccine Immunol. 2007. № 12. P. 1644–1645.

ГЕОЛОГИЯ

УДК 622.2:504.06

А. И. Трубачёв,
доктор геолого-минералогических наук, профессор,
Д. В. Манзырев,
кандидат геолого-минералогических наук,
А. Ю. Лавров,
кандидат технических наук,
Читинский филиал ИГД СО РАН,
Забайкальский государственный университет,
А. Р. Петров,
ЗАО «Кварц»,
г. Чита, Россия

Геолого-технологические особенности песков россыпей с «тонким» и дисперсным золотом (на примере месторождений «Алия» и «Кручина»)

Рассмотрены комбинированные процессы фотоэлектрохимического выщелачивания «тонкого» и дисперсного золота из техногенных образований Забайкальского края. Определены перспективы использования для переработки лежалых и текущих хвостов флотации инновационных процессов фотоэлектрохимического синтеза окислителей в растворах, используемых при агломерации материала перед выщелачиванием, сочетания диффузионно-пенетрационного и фильтрационного режимов выщелачивания металлов из окисленной минеральной массы.

Ключевые слова: *фотоэлектрохимическое выщелачивание, «тонкое» и дисперсное золото, техногенные образования*

A. I. Trubachev,
Doctor of Geological Mineralogical Sciences,
D. V. Manzyrev,
Candidate of Geological Mineralogical Sciences,
A. Yu. Lavrov,
Candidate of Technical Science,
Chita Division of the N. A. Chinakal Institute of Mining SB RAS,
Transbaikal State University,
A. R. Petrov,
Quartz Joint Stock Company,
Chita, Russia

Geological and Technological Specifications of Fine Placer gold from Aliya and Krutchina Deposits

Combined processes of photo-electrochemical fine-grained and dispersed gold leaching of technogenic formations of Zabaikalsky Krai are considered in the article. Innovation processes usage potential of photo-electrochemical oxidizing agents' syntheses in solutions applied for mineral agglomeration before leaching, and combination of diffusion-percolation and filtration metals leaching modes for oxidized are defined.

Keywords: *photo-electrochemical leaching, fine-grained and dispersed gold, technogenic formations*

Тонкое свободное золото в песках россыпей, как известно, во многих случаях может составлять значительную часть его общих запасов. В тоже время, химически «связанное» дисперсное золото, сконцентрированное в магнетите и других шлиховых минералах, а также тонких частицах кварца, хотя довольно часто упоминается в геологической литературе и производственных отчётах, исследовано недостаточно обстоятельно [1–4].

Сотрудниками геологического научного центра ЗабГУ совместно с Читинским филиалом ИГД СО РАН были проведены исследование таких форм нахожде-

ния золота в гале-эфельных отвалах, сформированных при разработке россыпей в долинах р. Кручина и тонкой фракции слива сгустителя, отделённой от песков р. Алия.

В магнетите песков россыпей в долине р. Кручина содержание золота сравнительно невелико (0,27–1,2 г/т), в то время как в алевритовой фракции, после прохождения через промприбор, содержание дисперсного золота (определённого после предварительного длительного агитационного цианирования) составляет от 1,3 до 4 г/т (участки «Михайловский» и «Тукулай», соответственно). Последующее активационное кювет-но-кучное выщелачивание позволило извлечь из тонких (алевритовых) фракций более 80 % золота.

Сравнительный эксперимент по активационному и стандартному кучному выщелачиванию золота был осуществлен и на пробе твёрдой фазы слива сгустителя от Титова (россыпь «Алия», артель «Газимур»).

Часть пробы (навеска весом 951 г.) подвергалась окомкованию с 45 г цемента, 15 г извести-пушенки и 220 г воды. Агломерацию (окомкование) проводили перемешиванием и перекатыванием массы по наклонной плоскости. Минеральная смесь практически не схватывалась и была рыхлой, без окатышей. В таком виде смесь ссыпалась в трубу с внутренним диаметром 42 мм, уплотнялась за счёт ударной вибрации и выстаивалась с целью прорастания смеси кристаллами цемента в течение 4 суток.

Классическое кучное выщелачивание золота из хвостов гравитационной переработки проводили непрерывно при 21–23 °С путём скапывания 0,4–0,5 л раствора цианида с концентрацией 1 г/л из капельницы и просачивания раствора в материале, расположенном в трубе высотой в 1,5 м в течение 18–20 часов. Суточный объём продукционного раствора составлял 0,35–0,45 л. Величина pH изменялась в пределах 9,5–10,5. Часть раствора отбиралась для анализа на содержание золота. Исследования продолжались в течение 7 суток. Результаты исследований приведены в таблице 1 и на рисунке 1.

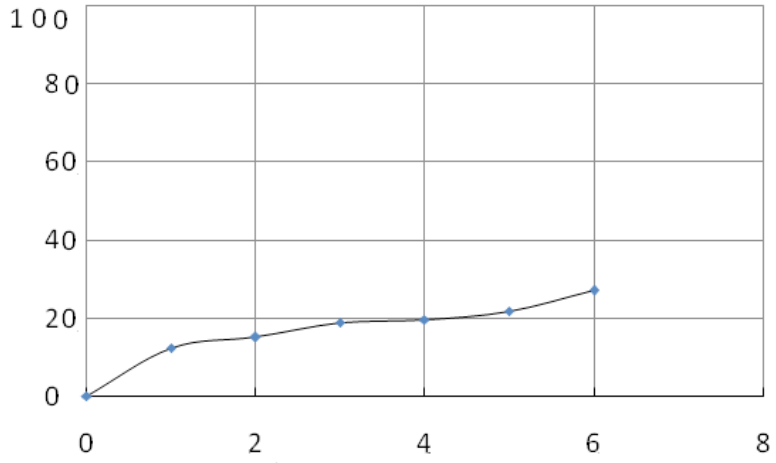


Рис. 1. Извлечение золота из хвостов гравитационной переработки в условиях классического кучного выщелачивания

Таблица 1

Результаты исследования классического капельного режима цианидного орошения

t, сут	*V исходного раствора, мл*	*Орошающий раствор C_{NaCN}, г/л*	*V продукционного раствора, мл*	*C_{Au}, мг/л*	*Q_{Au}, мг/л*	*Общее количество Au в растворе, мг*
0	0,5	0,5	-	-	-	0
1	0,4	0,5	444	1,05	0,525	0,5
2	0,4	0,5	385	0,23	0,115	0,615
3	0,4	0,5	364	0,32	0,16	0,8
4	0,4	0,5	385	0,07	0,035	0,835
5	0,4	0,5	387	0,24	0,12	0,955
6	0,4	0,5	378	0,12	0,06	1,015
Примечание: прозрачный раствор собирался в приёмнике в виде бесцветной прозрачной жидкости						

Скоростное активированное выщелачивание золота с накислороживанием орошающих растворов проводили из той же пробы хвостов гравитационной переработки массой 976 г. Перед выщелачиванием материал окомковывали с тем же расходом цемента (45 кг/т), но для перемешивания использовали специально подготовленный активированный солевой раствор, в который затем добавлялся цианид натрия до концентрации 2,5 г/л. Расход раствора на окомкование составил 0,2 м^3/т; расход цианида 0,5 кг/т. Окомкование материала с образованием 50 % окатышей размеров 2–10 мм наблюдалось через 1,5–2 мин. Этот материал также выстаивался в колонке в течение 4 суток, после чего проводили скоростное выщелачивание золота путём одноразового суточного орошения активированным водным раствором без добавления цианида натрия с расходом 0,2 л/сут. Результаты исследований приведены в таблице 2 и на рисунке 2.

Таблица 2

Результаты исследования скоростного активационного выщелачивания золота

t, сут	*V исходного раствора, мл*	*Q_{NaCN}, г/л*	*V продукционного раствора, л*	*C_{Au}, мг/л*	*Q_{Au}, мг*	*X_{Au}*
0	200	Цианид вводился при окомковании один раз, с расходом 0,5 кг/т				0
1	200		0,145	15	2,175	0,513
2	200		0,194	5,3	1,028	0,756
3	200		0,194	0,84	0,163	0,794
4	200		0,196	0,39	0,076	0,812
5	200		0,182	0,71	0,129	0,842
6	200		0,197	0,46	0,091	0,864
7	200		0,192	0,58	0,111	0,89
				Σ	3,774	
Примечание: очень хорошая фильтрация V~2–3 м/ч						

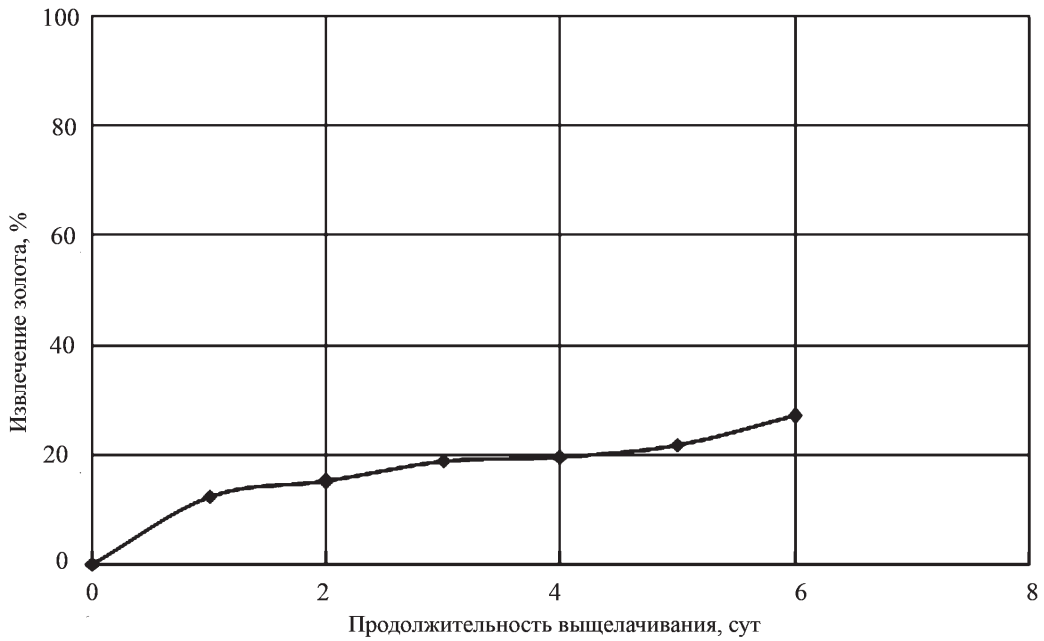


Рис. 2. Извлечение золота из хвостов гравитационной переработки в условиях скоростного активированного кучного выщелачивания

Как видно из графиков рисунков 1 и 2, достигнуто значительное повышение извлечения дисперсного золота из тонкой фракции слива сгустителя при использовании активированных растворов. Анализ твёрдой фазы после выщелачивания подтвердил высокий уровень извлечения золота.

Список литературы

1. Лавров А. Ю. Эффективность фотоэлектрохимических методов выщелачивания молибдена из техногенных минеральных образований Забайкалья // Вестник ЗабГУ. 2013. № 5 (96). С. 11–18.

2. Секисов А. Г., Лавров А. Ю., Манзырев Д. В. Перспективные способы выщелачивания золота из техногенных образований Забайкалья с использованием фотоэлектрохимических процессов // Вестник ЧитГУ. 2011. № 2 (69). С. 106–111.

3. Секисов А. Г., Лавров А. Ю., Мязин В. П., Гончаров Д. С. Особенности внутрикристаллических и межфазных диффузионных процессов при активационном выщелачивании дисперсного золота // ГИАБ. 2016. № 1. С. 348–357.

4. Секисов А. Г., Шевченко Ю. С., Лавров А. Ю. Перспективы использования шахтного выщелачивания при разработке золоторудных месторождений // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2016. № 1. С. 116–123.

УДК 622.271

В. М. Герасимов,
доктор технических наук, профессор,
Забайкальский государственный университет,
г. Чита, Россия

Исследование деформации материалов на основе волокнистых полимерных сред, используемых в геотехнологических мембранных устройствах

Выполнено исследование деформации волокнистых полимерных материалов, используемых в фильтровальных устройствах разделения суспензий на твёрдую и жидкую фазы в геотехнологии. Результаты испытаний показали, что предел упругости фильтровальных мембран составляет 9–12 % от поперечной равномерно распределённой нагрузки, что позволяет определить предельную интенсивность нагрузки в зависимости от объёмной плотности волокнистой среды. Теоретические исследования подтверждают полученные выводы.

Ключевые слова: *фильтрование, волокнистые материалы, мембранные устройства, деформация, упругость, предельная нагрузка, испытания, теория*

V. M. Gerasimov,
Doctor of Technical Sciences, Professor,
Transbaikal State University,
Chita, Russia

The study of deformation of materials based on fibrous polymeric media used in geotechnological membrane devices

This work is devoted to the study of the deformation of fibrous polymeric materials used in filtration devices separation of suspensions on a solid and liquid phase in geotehnology. Test results showed that the elastic limit of the filter membrane 9–12 % of the transverse uniformly distributed load, which allows to determine the maximum intensity of the load depending on the bulk density fibrous media. Theoretical studies confirm the findings.

Keywords: *filtration, fibrous materials, membrane device, deformation, elasticity, ultimate load, testing the theory*

Разработка месторождений полезных ископаемых и извлечение ценных компонентов сопровождается разнообразными технологическими процессами, включающими разделение суспензий на твёрдую и жидкую фазы.

Для этого используются различные фильтрующие материал: ткани, войлоки, геотекстили, сыпучие среды [1; 6; 9].

Ассортимент таких материалов с каждым годом расширяется и завоевывает новые позиции. Среди геотекстилей в качестве фильтрующих материалов хорошо зарекомендовали себя волокнистые материалы из синтетических полимеров, консолидированные с помощью иглопробивной технологии в прочные структурные композиции в виде полотен объёмной плотности – 100–150 кг/м^3, пористости – 80–93 %, шириной 1,8–5 м, высотой 3–7 мм.

Благодаря высокопористой гетерогенной структуре синтетические волокнистые полимерные материалы обладают высокой способностью влагопереноса (коэффициент фильтрации – $5 \cdot 10^{-3}$–10^{-4} м/с), а также имеют значительную зону упругого деформирования при растяжении и сжатии.

Условия работы волокнистых полимерных материалов в разнообразных устройствах имеют кардинальные отличия как по способам их крепления, так и по типам нагружения.

Анализируя работу волокнистых полимерных материалов в фильтрованных установках и промышленных фильтрах, можно классифицировать фильтровальные перегородки-мембраны по схеме опирания [2–5; 10], представленной на рисунке 1, и по видам нагружения, представленным на рисунке 2. Наиболее распространённый способ крепления фильтрованной мембраны представлен на рисунке 1а, где материал жёстко закреплён по периметру контура, имеющего форму круга, прямоугольника, многоугольника. Подкре-

пление всей поверхности фильтрованной мембраны можно обеспечить, используя сетчатую или сотовую пластину, которая показана на рисунке 1б. В случае реверсивного изменения нагружения фильтрованной мембраны следует предусмотреть наличие нижней и верхней пластин, представленных на рисунке 1в.

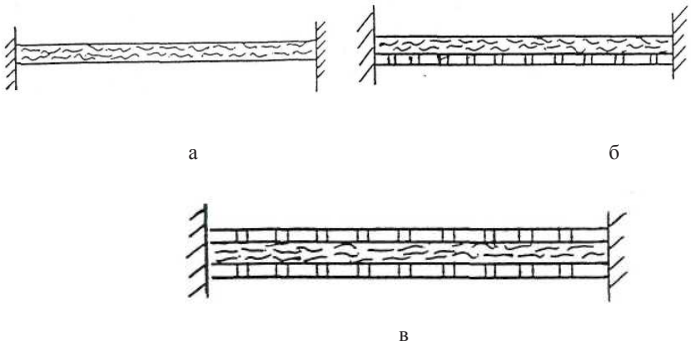


Рис. 1. Схема закрепления и опирания волокнистых материалов в фильтровальных устройствах

Нагружение горизонтально расположенной мембраны потоком суспензии можно считать в виде действия распределённой нагрузки, показанной на рисунке 2 (а, б); для вертикально расположенной мембраны – в виде трапециевидной нагрузки – на рисунке 2в [1; 2; 4]. Нагрузки могут иметь статический и динамический характеры.

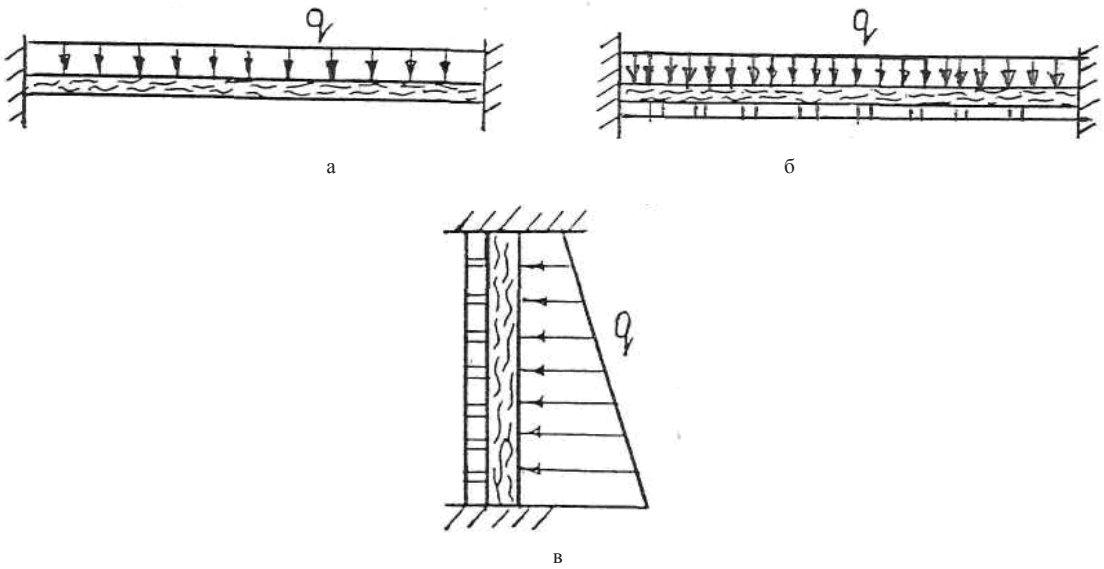


Рис. 2. Схемы нагружения фильтровальных мембран

В рассмотренных системах деформирование свободной фильтрованной мембраны – на рисунке 1а – под действием равномерно распределённой нагрузки происходит путём растяжения, т. к. в волокнистом полимерном материале у контура закрепления отсутствуют изгибные явления [1]. Для обеспечения длительной эффективной работы фильтровальной мембраны следует знать предельные значения растягивающих напряжений, при которых физические характеристики материала неизменны.

Экспериментальные исследования деформирования фильтровальной мембраны из волокнистого полимерного материала объёмной плотностью 70 кг/м^3, 90 кг/м^3, 110 кг/м^3 проводились на цилиндрической установке диаметром 0,1 м, показанной на рисунке 3. Для проведения чистоты эксперимента в качестве распределённой нагрузки использовался вес мелкозернистого твёрдого материала; количество образцов волокнистого материала принималось не менее 10 штук каждого типа. Максимальное перемещение наблюдалось в центре мембраны, где устанавливался индикатор часового типа. Результаты испытаний обрабатывались статистически, коэффициент вариации отклонений при определении перемещений составил 0,058.

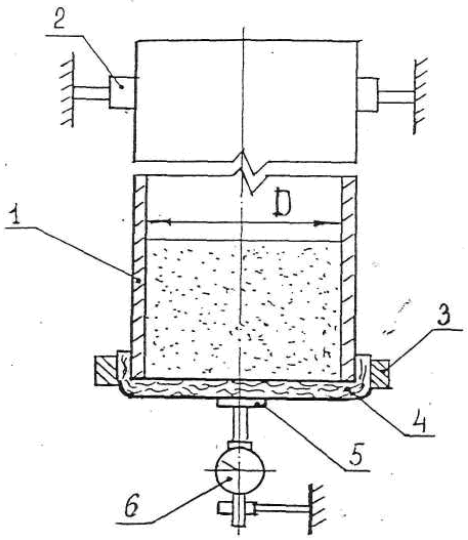


Рис. 3. Схема установки для исследования деформирования фильтровальных перегородок:
1 – цилиндр, 2 – опора, 3 – прижимное кольцо, 4 – волокнистая мембрана, 5 – пластина, 6 – индикатор

По результатам испытаний построены графические зависимости перемещений W центра мембраны от интенсивности распределённой нагрузки q, имеющие нелинейный характер – рисунок 4.

Упругая зона деформирования определялась путём многократного разгружения фильтровальной мембраны из различных точек диаграмм растяжения. Верхний предел упругой зоны был зафиксирован при деформации 9–12 %, что позволило определить предельную интенсивность распределённой нагрузки q_y. Для волокнистых материалов плотностью 70 кг/м^3 значение q_y = 0,012 МПа, для материалов плотностью 110 кг/м^3 значение q_y = 0,176 МПа.

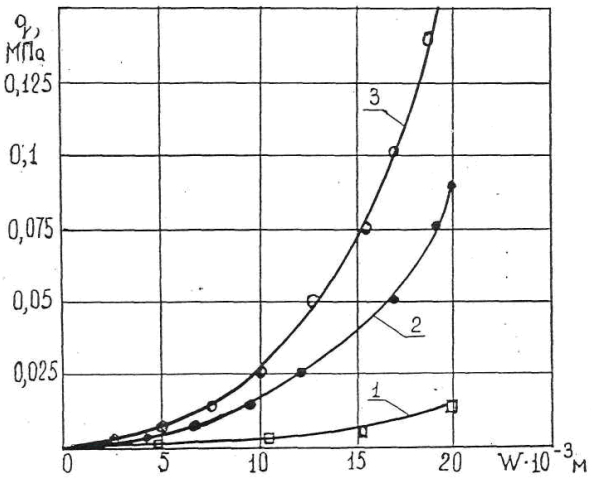


Рис. 4. Графики максимальных перемещений W в зависимости от давления на фильтровальную перегородку диаметром 0,1 м:

1 – ρ_0 = 70 кг/м^2, 2 – ρ_0 = 90 кг/м^2, 3 – ρ_0 = 110 кг/м^2

Путём аппроксимации получена формула изменения предельной интенсивности распределённой нагрузки q_y в зависимости от объёмной плотности материала ρ [1] (1):

$$q_y = K_y \cdot \rho - c, \qquad (1)$$

где K_y – коэффициент пропорциональности,

$K_y = 0{,}041 \cdot 10^6$ (Нм/кг);

с – постоянный коэффициент, с = 0,275 МПа.

Испытания показали, что используя в фильтровальных устройствах волокнистые полимерные материалы более высокой плотности, можно существенно повысить диапазон нагружения фильтровальных мембран без использования дополнительных опорных систем, снижающих скорость фильтрации.

Для исследования влияния размера диаметра фильтровальной мембраны на степень её деформирования в нижней части устройства – на рисунке 3 – устанавливались конусные насадки диаметром 0,2 м и 0,3 м. Результаты испытаний показали линейный характер увеличения прогибов в зависимости от диаметра мембраны.

Теоретические исследования деформирования фильтровальной мембраны – рисунок 5 – в упругой стадии под действием равномерно распределённой нагрузки производились с учётом плоского напряжённого состояния. Напряжения в мембране равномерно распределены по высоте, а поверхность мембраны при деформации подчиняется гипотезе прямых нормалей, принятой для расчёта тонких пластин [7].

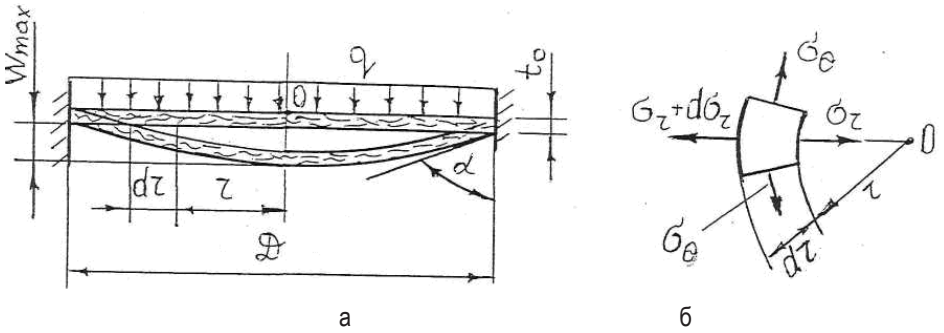


Рис. 5. Схема деформирования круглой свободной мембраны

Элемент, выделенный из материала мембраны, испытывает действие радиальных σ_r и окружных σ_θ напряжений, что показано на рисунке 5б. Совокупность радиальных напряжений по всей площади сечения мембраны А даёт значение силы натяжения N, проекция которой на вертикальную ось уравновешивает действие равномерно распределённой нагрузки на площадь мембраны A_0 (2):

$$\sigma_r \cdot \cos\alpha = q \cdot A_0, \qquad (2)$$

где σ_r – радиальное напряжение, МПа;

А – площадь сечения мембраны, $A = \pi D t_0$, м^2;

α – угол наклона деформированной мембраны к вертикали;

t_0 – высота слоя мембраны, м;

A_0 – площадь мембраны, $A_0 = \frac{\pi D^2}{4}$, м^2.

После преобразований получим формулу определения радиальных напряжений (3):

$$\sigma_r = q \cdot D / 4t_0 \cdot \cos\alpha. \qquad (3)$$

Для использования формулы (3) необходимо знать угол α, который определится при нахождении прогибов W, характеризующих сферическую поверхность мембраны.

Система дифференциальных уравнений [7; 8], характеризующих деформированное состояние круглой мембраны при симметричном нагружении, имеет вид (4) и (5)

$$(t_0 / r) \cdot (d\varphi / dr) \cdot (dw\, dr) = -\psi, \qquad (4)$$

$$d / dr\, (\nabla^2) = E_{пр} / 2r\, (dW / dr)^2, \qquad (5)$$

где φ – функция напряжений;

ψ – функция нагрузки;

∇^2 – оператор Лапласа;

$E_{пр}$ – приведённый модуль упругости материала, МПа.

Функция напряжений [7; 8] связана с радиальным и окружным напряжениями следующими формулами (6):

$$\sigma_r = ½ \cdot (d\varphi / dr);\ \sigma_\theta = d^2\varphi / dr^2. \qquad (6)$$

Функция нагрузки определяется из выражения (7)

$$\psi = -\frac{1}{2}\int_0^r q \cdot r \cdot dr. \qquad (7)$$

Оператор Лапласа находится по формуле (8)

$$\nabla^2\varphi = 1/r \cdot (d / dr) \cdot (r \cdot (dW / dr)). \qquad (8)$$

Граничные условия мембраны:

– на контуре W = 0; dW /dr = 0;

– в центре dW /dr = 0.

Решение системы уравнений (4) и (5) с учётом (6), (7), (8) и граничных условий задачи позволяет определить прогиб [7; 8] в центре мембраны (9):

$$W_{max} = 0{,}662 t_0 \sqrt{\frac{q}{E_{пр} \cdot K_{пр}} \left(\frac{D}{2t_0}\right)^4}, \qquad (9)$$

где $K_{пр}$ – поправочный коэффициент.

В формуле (9) приведённый модуль упругости $E_{пр}$ определялся экспериментально по упругим зонам деформации растяжения.

Расчёты, выполненные по формуле (9), показали хорошую сходимость аналитических значений прогибов с экспериментальными значениями, полученными для волокнистых мембран плотностью 70, 90, 110 кг/м^3 при диаметре 0,1 м; погрешность не превосходит 9 %. Для диаметров фильтровальных мембран больших размеров следует вводить поправочный коэффициент – таблица 1, связанный с изменением модуля упругости.

Таким образом, проведённые экспериментальные и теоретические исследования деформирования свободных фильтровальных мембран круглой формы из волокнистых полимерных материалов позволили определить предельные нагрузки, ограничивающие область надёжной работы материалов в упругой стадии деформации.

Таблица 1

Поправочные коэффициенты $К_{пр}$ при расчёте мембран из волокнистых полимерных материалов

D, м	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
$K_{пр}$	1	2	4	6	8

Список литературы

1. Герасимов В. М. Волокнистые полимерные материалы в геотехнологии. Чита: ЧитГУ, 2010. 218 с.

2. Герасимов В. М. Применение волокнистых полимерных материалов в фильтровании оборотных и сточных вод на горных предприятиях // Вестник ЗабГУ. 2012. № 4 (83). С. 9–13.

3. Герасимов В. М., Свалова К. В. Очистка промышленных стоков горных предприятий волокнистыми полимерными материалами // Кулагинские чтения: материалы XII Междунар. конф. Чита: ЗабГУ, 2012. С. 120–122.

4. Герасимов В. М., Нижегородцев Е. И. Исследование фильтровальных свойств волокнистых материалов при изменении давления // Системы, методы, технологии. Братск: БРГУ, 2013. № 4 (20). С. 153–156.

5. Герасимов В. М. Диагностика управления технологическими процессами в горном природопользовании с помощью волокнистых сред // Вестник ЗабГУ. 2015. № 5 (120). С. 14–20.

6. Горчакова В. М., Мухамеджанов М. Г. Технология изготовления фильтровальных материалов с использованием матриц в виде барьерных слоёв // Современные технологии и оборудование текстильной промышленности: тезисы докл. междунар. науч.-техн. конф. М.: МТУ, 2011. С. 33–34.

7. Горшков А. Г., Тарлаковский Д. В., Старовойтов Э. И. Теория упругости и пластичности: учебник. М.: Физматлит, 2011. 416 с.

8. Константинов И. А., Лалин В. В., Лалина И. И. Строительная механика: учебник. М.: Проспект, 2015. 432 с.

9. Обзор рынка фильтровальных синтетических тканей в России [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.Infomine.ru/research/42/482 (дата обращения: 11.09.1016).

10. Свалова К. В. Эффективность очистки промышленных стоков горных предприятий на фильтровальных устройствах с использованием волокнистых материалов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2013. № 10. С. 395–399.

УДК622.2:504.06

Т. Г. Конарева,
компания «СЖС Восток Лимитед»,
А. Ю. Лавров,
кандидат технических наук,
Читинский филиал ИГД СО РАН,
Забайкальский государственный университет,
Б. Ю. Ланков,
ЗАО «Нордголд»,
г. Чита, Россия

Перколяционное выщелачивание золота фотоэлектроактивированными растворами на руднике «Апрелково»

Проанализированы технологии активационного кюветного, кучного и скважинного выщелачивания золота из минерального сырья с позицией обеспечения возможности эффективного освоения техногенных минеральных образований и песков россыпей. В качестве активирующих воздействий рассматривается использование фотоэлектрохимических и электросорбционных процессов в пульпе и на сорбентах.

Ключевые слова: *фотоэлектрохимические процессы, электросорбционные процессы, техногенные минеральные образования*

T. G. Konareva,
SGS Vostok Ltd,
A. Yu. Lavrov,
Candidate of Technical Science,
Chita Division of the N. A. Chinakal Institute of Mining SB RAS,
Transbaikal State University,
B. Yu. Lankov,
North Gold Close Company,
Chita, Russia

Percolation Leaching of Gold with Photo-Electro-Activated Solutions at Aprelkovo Ore Mine

Activation technologies of heap leaching of gold from ore of Pogromnoe deposite, mining by Aprelkovo company, in terms of providing the extraction and velocity acceleration are described. Application of photoelectrochemical and sorption processes in the solutions and sorbents as activating agents are also reviewed.

Keywords: *photoelectrochemical processes, sorption processes, heap leaching*

Для проведения испытаний фотоэлектроактивационной технологии кучного выщелачивания, разработанной в Читинском филиале ИГД СО РАН, на ЗАО «Апрелково» (месторождение «Погромное») была отобрана с конвейера ДСК разовая проба руды весом 500 кг, которая была усреднена методом кольца и конуса через делитель Джонсона. После этого проба была разделена на 5 навесок по 100 кг, которые были размещены в отдельных перколяторах. При этом был принят следующий порядок проведения испытаний:

1. Приготовление стандартных (цианидных и перекисно-цианидных) и фотоэлектроактивированных растворов.
2. Окомкование навесок руды с использованием вышеуказанных растворов.
3. Орошение выщелачивающими растворами соответствующих составов навесок руды в перколяторах.
4. Прохождение продуктивных растворов через активированный уголь.
5. Укрепление и подача реагентов маточного раствора и переход к пункту 1.

Описание процесса

Всего устанавливается 5 перколяционных колонн с внутренним диаметром 200 мм.

1. Для контрольных навесок руды, загружаемых в колонны № 1, № 4, № 5 окомкование проводилось с добавлением NaCN содержанием 1 г/л и pH = 10,5. В раствор, которым окомковывалась навеска, загружаемая в колонну № 4, дополнительно добавлялась перекись водорода из расчёта 20 мг/л.
2. Для экспериментальных колонн № 2 и № 3 окомкование проводилось по схеме: 50 % с добавлением раствора NaCN содержанием 1 г/л при pH = 10,5 и 50 % с добавлением фотоэлектроактивированного раствора.
3. Влажность руды после окомкования – 9–10 %.

4. Окомкованная руда загружалась в перколяционные колонны (по 100 кг в каждую).

5. На поверхность каждой из навесок руды, загруженных в колонны, по всей площади был уложен дорнит.

6. После выстаивания окомкованной руды (соответственно, после стадии диффузионного выщелачивания), через 72 часа началась капельная подача выщелачивающих растворов соответствующих составов.

Орошение руды и подготовка растворов

Над колоннами устанавливались двадцатилитровые ёмкости для выщелачивающих растворов, объём растворов проходящий через колонну определялся исходя из следующих параметров: площадь S = 0,0314 м^2, плотность орошения q = 200 л/м^2 в сут, объём раствора V = 6,28 л/сут. Этот объём в течение эксперимента был в целом постоянным.

1. Колонна № 1 (контрольная): растворы по используемой на предприятии технологии. В водопроводную воду добавляется NaOH (каустик), доводя pH = 10,5, затем цианид натрия. В процессе опыта, маточный раствор доукреплялся до pH =10,5, и NaCN – до 0,3 г/л.

2. Колонна № 2: в приготовленный в реакторе фотоэлектроактивированный раствор добавлялся цианид натрия до концентрации 0,3 г/л и каустик до pH = 10,5, что отражено на рисунке 1. Далее выщелачивающий раствор дозированно подавался в колонну с рудой. Продуктивный раствор фильтровался через ёмкости с углём. Получаемый маточный раствор барботировался в основной электрохимической камере реактора 1 час с подачей воздуха компрессором (без обработки УФ-лампой и без электрохимической обработки), затем 15 мин осуществлялась только его электрохимическая обработка при напряжении 5–8 В без включения УФ-лампы и без подачи воздуха).

Далее полученный реактивированный раствор доукреплялся NaCN до концентрации 0,3 г/л и каустиком до pH = 10,5 и возвращался обратно в процесс.

Отдельно готовился фотоэлектроактивированный безцианидный раствор (с полным циклом обработки), 700 мл/сут которого капельным путём подавалось в колонну № 2.

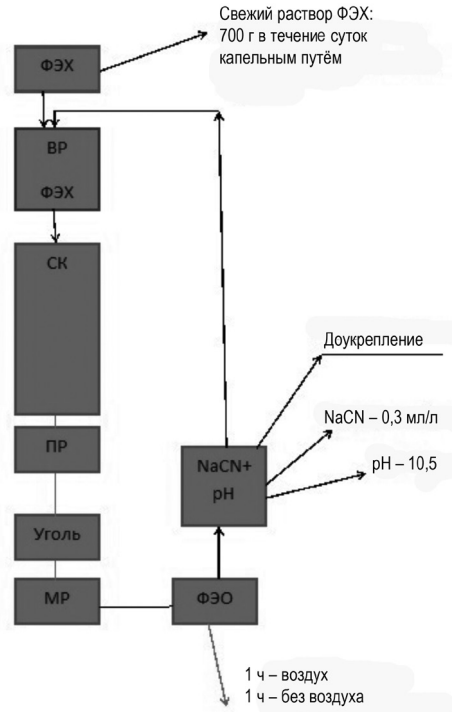


Рис. 1. Схема подготовки активных растворов для перколяционного выщелачивания (вариант 1)

3. Колонна № 3: в приготовленный фотоэлектрохимический раствор добавлялся цианид до концентрации 0,3 г/л и каустик до pH = 10,5. Далее выщелачивающий раствор проходил через колонну с рудой (продуктивный раствор фильтровался через ёмкости с углем). Маточный раствор обрабатывался только подачей воздуха, после чего в него добавлялся в количестве 10 % от объёма ВР свежеприготовленный фотоэлектрохимический раствор (700 г). Затем реактивированный раствор доукреплялся цианидом и возвращается обратно в процесс, что преддставлено на рисунке 2.

4. Колонна № 4: в водопроводную воду добавляема каустик доводя pH до уровня 10,5,затем добавлялся цианид до концентрации 0,3 г/л. В течение суток каждый час в перколяционную колонну производилась подача перекиси водорода.

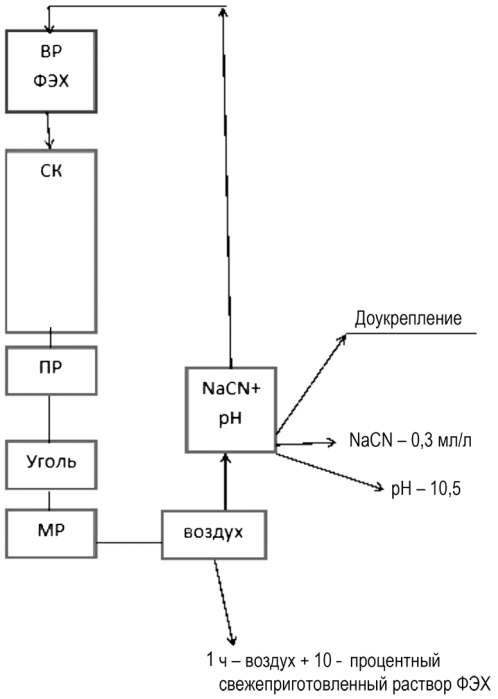


Рис. 2. Схема подготовки активных растворов (вариант 2)

Подготовка активированного угля

Для прохождения растворов через уголь был использован фильтр для предотвращения потерь угля. Уголь не менялся до конца опыта.

Отбор проб растворов:

1. Перед подачей раствора на уголь – продуктивный уголь.
2. После ёмкости с углём – маточный раствор.
3. После доукрепления маточных растворов – выщелачивающие растворы.

Эксперимент длился 38 суток, в течение которых из рудной массы экспериментальных колонн было извлечено 67–69 % золота, из контрольной – 48 %, при использовании перекиси водорода – 63 %, что отражено на рисунке 3. Для контроля, кроме растворов в лаборатории рудника «Апрелково» и в лаборатории SGS Vostok LTD анализировались пробы исходной руды и кеков цианирования, а также насыщенный уголь. Прирост извлечения золота из твёрдой фазы и на сорбент по фотоэлектроактивационной и контрольным (цианидной и цианидно-перекисной) схемам был ещё больше. Причём разница в сорбционной ёмкости угля по экспериментальным схемам по сравнению с контрольными достигла +25–35 %.

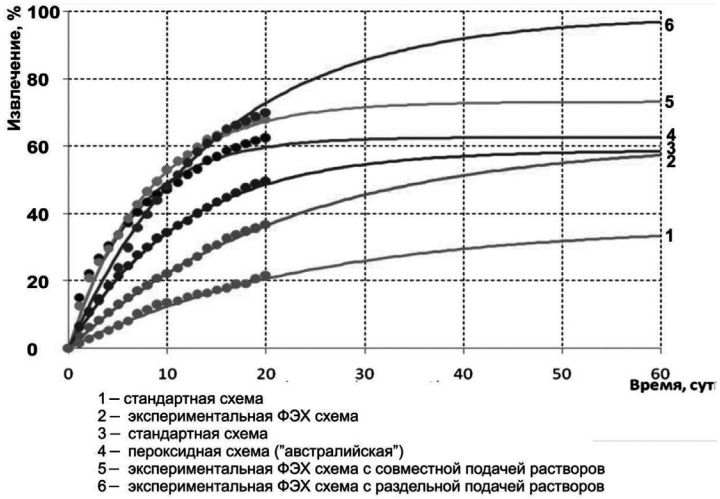


Рис. 3. Динамика извлечения золота при использовании различных схем его выщелачивания из упорных руд месторождения «Погромное»

Таким образом, можно сделать вывод о том, что фотоэлектроактивированные растворы обеспечивают повышение извлечения золота из руд месторождения «Погромное» при равном содержании в них цианидов по сравнению с растворами, используемыми в контрольных схемах перколяционного выщелачивания [1–5]. Также можно утверждать, что активные растворы положительно влияют на процесс сорбции золота углем из продуктивных растворов.

Список литературы

1. Исследования процессов фотоэлектрохимического кучного выщелачивания золота из рудной массы отработанных штабелей КВ и упорных руд месторождения «Погромное» / А. Г. Секисов и [др.] // ГИАБ. 2015. № 5. С. 163–172.

2. Лавров А. Ю. Повышение эффективности освоения рудных месторождений на основе использования инновационных геотехнологий с фотоэлектрохимической активацией компонентов технологических систем // Вестник ЧитГУ. 2013. № 2.

3. Секисов А. Г., Ерёмин А. М., Лавров А. Ю., Конарева Т. Г. Активационное выщелачивание дисперсного золота и его стадийная сорбция и электросорбция из рудных пульп и продуктивных растворов // Рациональное освоение недр. 2014. № 3. С. 62–68.

4. Секисов А. Г., Рубцов Ю. И., Лавров А. Ю., Манзырев Д. В. Кучное и кучно-кюветное выщелачивание золота с использованием фотоэлектроактивированных растворов // Золотодобывающая промышленность. 2013. № 1. С. 18–26.

5. Секисов А. Г., Шевченко Ю. С. Лавров А. Ю. Перспективы использования шахтного выщелачивания при разработке золоторудных месторождений // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2016. № 1. С. 116–123.

УДК 622.2:504.06

А. Ю. Лавров,
кандидат технических наук,
Ю. И. Рубцов,
доктор технических наук, профессор,
Д. В. Манзырев,
кандидат геолого-минералогических наук,
Читинский филиал ИГД СО РАН,
Забайкальский государственный университет,
Т. Г. Конарева,
компания «СЖС Восток Лимитед»,
г. Чита, Россия

Экспериментальные исследования процессов активационного кучного выщелачивания золота из упорных руд месторождения «Погромное»

Рассмотрены результаты теоретических и экспериментальных исследований процессов кучного и кюветного выщелачивания золота с предварительной агломерацией руды и вводом активированных растворов цианидов в агломерируемую массу. Произведена оценка эффективности их использования при различном минеральном составе техногенного сырья и формах нахождения золота.

Ключевые слова: *фотоэлектрохимические процессы, электросорбционные процессы, техногенные минеральные образования, «Погромное»*

A. Yu. Lavrov,
Candidate of Technical Science,
Yu. I. Rubtsov,
Doctor of Technical Sciences, Professor,
D. V. Manzyrev,
Candidate of Geological Mineralogical Sciences,
Chita Division of the N. A. Chinakal Institute of Mining SB RAS,
Transbaikal State University,
T. G. Konareva,
SGS Vostok Ltd,
Chita, Russia

Field Research of Activated Heap Leaching of Gold from Pogromnoe Deposit of Rebellious Ore

After that theoretical and experimental research of the heap and bath fine gold leaching ore pre-agglomeration and introduction of excited cyanide solutions into the agglomerated mass has been analyzed, the authors assess the efficiency of the solution when used in mining waste with different compositions and various gold occurrence forms.

Keywords: *photoelectrochemical processes, electrosorption processes, technogenic mineral formations, Pogromnoye*

По оценке большинства экспертов, порядка 40 % золотосодержащих руд от общего количества их мировых запасов содержат золото в форме микровключений его природных сплавов, химических соединений с теллуром и селеном или кластеризованных атомов [1–4]. Кластеризованные атомы золота в минеральном веществе представляют собой наноразмерные частицы, имеющие внутренние моноэлементные металлические связи «золото – золото – внешние связи» с группой атомов соответствующих минералообразующих химических элементов. Для извлечения таких форм золота из кристаллических решёток рудообразующих минералов-концентраторов, в основном, используют комбинированные схемы переработки, включающие обогащение рудной массы с использованием методов сепарации, флотации, гравитационного разделения с последующим окислением получаемого концентрата (концентратов) перед гидрометаллургическим циклом.

Во многих случаях (малые месторождения, запасы которых не обеспечивают окупаемость капитальных вложений при использовании традиционных способов добычи и переработки; слабо выраженная контрастность руд по содержанию золота, его низкие абсолютные значения) экономически целесообразно использовать методы кучного или кюветного выщелачивания без предварительного обогащения руд. Соответственно, процессы окислительной подготовки руд к выщелачиванию при этом необходимо осуществлять непосредственно во всём объёме рудной массы, уложенной в штабели/кучи или кюветы. При благоприятных климатических условиях и соответствующем вещественном составе руд возможно использование процессов кучного бактериального/био окисления. В большинстве же случаев, когда сам основной технологический цикл длится 100–150 дней, а дисперсное золото локализовано преимущественно в силикатных или алюмосиликатных минералах, для осуществления кучного или кюветного выщелачивания требуется использование ускоренных процессов подготовки рудной массы к кучному выщелачиванию в течение 10–20 суток. Такому условию отвечают процессы окисления золотосодержащих руд водными растворами или водно-газовыми суспензиями, с активными формами кислорода (АФК), хлора и/или углекислоты. Реакционная смесь, содержащая такой окисляющий комплекс, может быть подготовлена с использованием достаточно простой технологии, но требующей специального аппаратурного оформления. Главным аппаратом для синтеза высокоактивных окислителей минеральных матриц, содержащих кластеризованное золото, является фотоэлектрохимический реактор, в котором проводят стадийную обработку исходного солевого или щелочного раствора путём электролиза. На определённой стадии обработки в полученную активную водно-газовую суспензию вводят перекись водорода и облучают полученную смесь УФ-светом в диапазоне 180–300 нанометров. В конечном итоге, после обработки в фотоэлектрохимическом реакторе исходного раствора, получают поликомпонентную водно-газовую суспензию, содержащую в обеих фазах гидроксил-радикалы, перекись водорода и другие активные окислители, например, бикарбоксил-катионы, атомарный хлор, озон и др. Полученную в реакторе активную суспензию используют для подготовки золотосодержащей минеральной массы к выщелачиванию. При этом минеральную массу, в зависимости от её вещественно-структурных особенностей до укладки в штабели окомковывают с добавлением к ней активного раствора, цемента и окиси кальция (извести) в определённых пропорциях или сразу укладывают в штабели или в кюветы, и послойно орошают активным раствором. После укладки в штабель обработанную активным окисляющим раствором минеральную массу выдерживают в течение нескольких суток. Это необходимо для интенсивного диффузионного выщелачивания железа из сульфидных минералов и магнетита, перевода в раствор ртути (из природных или техногенных амальгам), окисления серы активными формами кислорода. Кроме того, за счёт твердофазной диффузии гидроксил-радикалов и ионов водорода-протонов возрастает дефектность кристаллических решёток минералов-носителей, соответственно, повышается проницаемость частиц золотосодержащего кварца и осуществляется окисление, декластеризация и передислокация к поверхностям пор и микротрещин содержащегося в нём дисперсного золота. После выдерживания в штабеле/в кювете обработанного окисляющим раствором материала, его орошают выщелачивающим раствором, содержащим комплексообразователи для золота, например, цианид натрия.

После заполнения выщелачивающим раствором комплексообразователя свободного пространства штабеля, орошение прекращают и пропитанную им минеральную массу выдерживают в течение нескольких суток для обеспечения диффузии комплексообразующих ионов в поры и микротрещины минеральных частиц.

Часть дисперсных частиц золота, локализованная изначально или накопленная при передислокации у поверхности микротрещин и пор в минералах-концентраторах, после обработки минеральной массы окисляющим раствором образует при взаимодействии с ионами комплексообразователя комплексные ионы, в частности золото-циановые, которые накапливаются в плёночной воде. При последующей подаче в инфильтрационном режиме воды или слабого раствора комплексообразователя, внутри штабеля/кювета за счёт массообменных процессов между плёночными и свободными водами формируются продуктивные золотосодержащие растворы. Полученные продуктивные растворы откачивают в прудки-накопители или (в зависимости от содержания золота в растворе) подают насосами в сорбционные колонны. При необходимости, т. е. в случае недостаточно высокого извлечения золота из минеральной массы за один цикл «окисле-

ние – выщелачивание», орошение штабеля активным окисляющим раствором повторяют, подготавливая минеральную массу к выщелачиванию неокисленного дисперсного золота раствором, содержащим комплексообразователи. Циклы окисления – выщелачивания, продолжаются до достижения экономически оправданного уровня извлечения золота.

Предложенная технология кучного окисления – выщелачивания была апробирована нами на представительных пробах упорных золотосодержащих руд месторождения «Погромное» (рудник «Апрелково», Балейский район Забайкальского края).

Руда этого месторождения представляет собой метасоматиты переменного вещественного состава с незначительным количеством золотосодержащих сульфидных минералов и высоким содержанием продуктивного кварца.

Эксперименты по выщелачиванию из предоставленных предприятием проб руды в лабораторных колоннах с содержанием золота порядка 1,15–1,2 г/т (в расчётах принято 1,2 г/т) проводился в ЗабГУ. Колонны для выщелачивания представляли собой полиэтиленовые трубы с внутренним диаметром в 40 мм, длиной в 2 м.

Крупность дробления руды для эффективного выщелачивания из неё золота – 10 мм (100 %). Фракционный состав: класс +3,75–10 мм – 52 %; класс +2–3,75 мм – 27 %; класс -2 мм – 21 %.

Используемые реагенты: вода водопроводная: pH = 7, цианид натрия, кислород технический, раствор перекиси водорода 30-процентный и продукты фотоэлектрохимического синтеза (в одной из экспериментальных схем). Раствор цианида натрия готовился ежесуточно для классического выщелачивания с концентрацией, равной 0,5 г/л. Суточный расход раствора цианида натрия при капельном орошении руды в колонне составлял 0,2 л/сут. Выщелачивание в колоннах осуществлялось по следующим схемам:

1-я – стандартная (контрольная) схема кучного выщелачивания (КВ) с капельным орошением раствором NaCN;

2-я – экспериментальная схема КВ с использованием для окисления минеральной массы фотоэлектроактивированных пероксидно-карбонатных растворов;

3-я – экспериментальная схема КВ с использованием насыщения выщелачивающих растворов химически чистым кислородом (из баллона).

Экспериментальные схемы выщелачивания золота (с химически чистым кислородом и активным карбонатно-пероксидным раствором) исследовались при идентичном для контрольной схемы расходе цианида натрия. Орошение руды фотоэлектроактивированным пероксидно-карбонатным раствором и цианидным раствором проводилось циклично (через сутки), причём цианиды подавались капельным орошением круглосуточно, как и в контрольных схемах.

Результаты исследований представлены в виде графиков на рисунке 1.

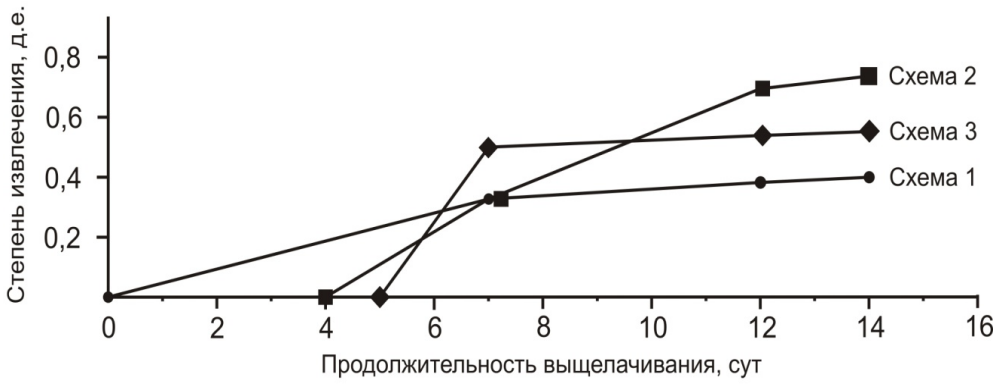


Рис. 1. Динамика извлечения золота при использовании различных схем его выщелачивания из упорных руд месторождения «Погромное»:
схема 1 – стандартная схема кучного выщелачивания (КВ) с капельным орошением раствором NaCN; схема 2 – активационная схема КВ с использованием фотоэлектроактивированных пероксидно-карбонатных растворов; схема 3 – схема КВ с использованием насыщения выщелачивающих растворов химически чистым кислородом

Как видно из представленных на рисунке 1 графиков, за всё время эксперимента извлечение золота в раствор из руд месторождения «Погромное», при стандартном извлечении – схема 1, составило порядка 40 % (с учётом экстраполяции последующее довыщелачивание при условии продолжения процесса до 30 суток составит не более 50 %), при использовании «накислороженных» растворов – схема 3 – 55 % (экстраполяционный прогноз – 60 % за 30 суток), при использовании фотоэлектроактивированных пероксидно-карбонатных растворов – схема 2 – 73 % , экстраполяционный прогноз – 80 % за 30 суток.

Вторая серия экспериментов осуществлялась на двух крупнообъёмных навесках (массой по 70 кг) усреднённой пробы в стальных перколяторах непосредственно на предприятии (рудник «Апрелково»). В 1-м перколяторе моделировалась схема кучного выщелачивания с окомкованием, принятая на предприятии; во

2-м – схема с окислением активным пероксидно-карбонатным раствором, подготовленным в фотоэлектрохимическом реакторе. После выдерживания окомкованного материала в перколяторах в течение 3 суток, путём капельного орошения в материал каждого из них подавался цианидный раствор равной концентрации в количестве 3 л/сут. Причём в контрольный перколятор подавался водной раствор цианида, а в экспериментальный – активированный цианидный раствор, подготовленный в фотоэлектрохимическом реакторе.

Эксперимент в общей сложности продолжался 20 суток. Жидкие пробы отбирались каждые 2 часа и передавались на атомно-абсорбционный анализ на золото в заводскую аттестованную лабораторию. В конечном итоге за время эксперимента по активационной схеме было извлечено 63 % золота, по контрольной – 32 %. Экстраполяционный прогноз позволяет считать, что извлечение золота при продолжении эксперимента до 50–60 дней может достигнуть не менее 75 % по активационной схеме.

Полученные в ходе экспериментов результаты позволяют сделать определённый вывод о том, что использование предокисления и цикличного окисления минеральных матриц упорных руд, содержащих инкапсулированное и дисперсное золото фотоэлектроактивированными растворами, обеспечивает существенное повышение его извлечения при кучном выщелачивании.

Список литературы

1. Исследования процессов фотоэлектрохимического кучного выщелачивания золота из рудной массы отработанных штабелей КВ и упорных руд месторождения «Погромное» / А. Г. Секисов [и др.] // ГИАБ. 2015. № 5. С. 163–172.

2. Перколяционное выщелачивание золота на руднике «Апрелково» / А. Г. Секисов [и др.] // Золотодобывающая промышленность. 2013. № 5. С. 35–42.

3. Секисов А. Г., Шевченко Ю. С., Лавров А. Ю. Перспективы использования шахтного выщелачивания при разработке золоторудных месторождений // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2016. № 1. С. 116–123.

4. Секисов А. Г., Ерёмин А. М., Лавров А. Ю., Конарева Т. Г. Активационное выщелачивание дисперсного золота и его стадийная сорбция и электросорбция из рудных пульп и продуктивных растворов // Рациональное освоение недр. 2014. № 3. С. 62–68.

УДК 622.2:504.06

А. Ю. Лавров,
кандидат технических наук,
Читинский филиал ИГД СО РАН,
Забайкальский государственный университет,
г. Чита, Россия,
А. М. Ерёмин,
кандидат технических наук,
Всероссийский научно-исследовательский
Институт минерального сырья им. Н. М. Федоровского,
г. Москва, Россия,
Т. Г. Конарева,
компания «СЖС Восток Лимитед»,
г. Чита, Россия

Электросорбционное извлечение золота с фотоэлектрохимической подготовкой пульп в системах чанового и кюветного выщелачивания

Рассмотрены основные направления практической реализации фотоэлектрохимических и электросорбционных процессов при исследовании минерального сырья в геотехнологии. Приведена оценка их применимости на примерах конкретных объектов. Проанализированы результаты промышленного эксперимента по фотоэлектрохимическому синтезу активных окислителей сульфидных золотосодержащих минералов, которые проводились на гидрометаллургическом заводе ГМЗ-3 Навоийского горно-металлургического комбината. Показано, что в ходе проведения промышленных испытаний технологии получен существенный прирост извлечения золота на ионно-обменную смолу.

Ключевые слова: *дисперсное золото, фотоэлектрохимический синтез, активные окислители, фотоэлектрохимическое выщелачивание, фотоэлектрохимический реактор*

A. Yu. Lavrov,
Candidate of Technical Science,
Chita Division of the N. A. Chinakal Institute of Mining SB RAS,
Transbaikal State University,
Chita, Russia,
A. M. Eremin,
Candidate of Technical Science,
All-Russian Scientific-Research Institute of Mineral Resources
Named after N. M. Fedorovsky,
Moscow, Russia,
T. G. Konareva,
SGS Vostok Ltd,
Chita, Russia

Electro-Sorption Recovery of Gold with Photo-Electrochemical Pre-Treatment in Tank and Bath Leaching Systems

The article deals with basic direction in practical realization of photo-electro-chemical and sorption processes in studying minerals and in geo-technology. The authors give their acceptability appraisal through the examples of specific objects. The results of the industrial experiment on photo-electro-chemical synthesis of active oxidants sulphide gold bearing minerals, which were carried out at the hydrometallurgical plant GMZ-3 of Navoi mining-metallurgical complex are analyzed. It is shown that in the course of carrying out of technology industrial tests, a substantial increase in the extraction of gold on the ion-exchange resin is received.

Keywords: *disperse gold, on photo-electro-chemical synthesis, active oxidants, photo-electro-chemical leaching, photo-electro-chemical reactor*

Как показали теоретические и экспериментальные работы, проведённые в МГРИ-РГГРУ и ИГД СО РАН, растворы, содержащие активные формы кислорода и водорода, могут быть использованы как подготовительные к основному процессу, так и как основа для приготовления выщелачивающего цианидного или хлоридного раствора. Это определяется как вещественно-структурными особенностями руд (песков россыпей, техногенной минеральной массы), так и используемыми технологическими схемами выщелачивания: чанового, кюветного, кучного, скважинного, шахтного.

Опытно-промышленные испытания электроактивационных и фотоэлектроактивационных процессов обработки выщелачивающих растворов и рудных пульп при чановом выщелачивании дисперсного золота проводились на гидрометаллургическом заводе ГМЗ-3 (г. Учкудук, Узбекистан), после получения перспективных результатов на стадии геолого-технологического тестирования руд месторождения Yellow Jacket, (шт. Невада, округ Кларк) и руд месторождений «Кокпатас» и «Даугызтау» (Навоийский ГМК). Для этого были смонтированы на двух технологических линиях ГМЗ-3 электрокавитационные активаторы, фотоэлектрохимический реактор и фотоактиватор воздуха, представленные на рисунке 1. Испытываемый вариант технологии фотоэлектрохимического выщелачивания с двухстадийной сорбцией принципиально состоял из следующих процессов:

1. Насыщение пульпы в течение 2 часов двухатомарным кислородом воздуха и затравочным количеством атомарного и трёхатомарного кислорода (озона) в щелочной среде в первых двух пачуках.

2. Ввод в пульпу активного раствора цианида натрия и обработка им пульпы в течение 1 часа.

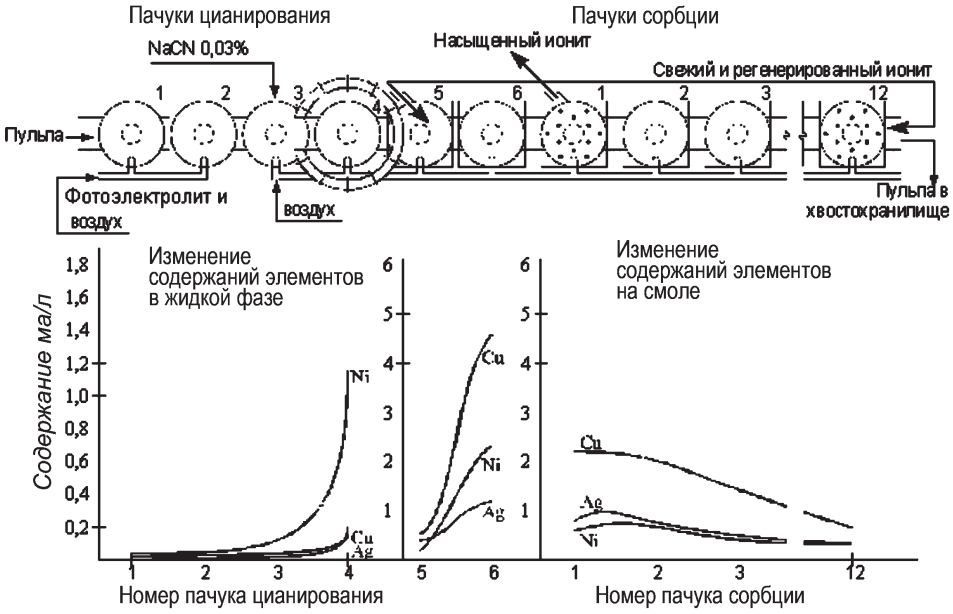


Рис. 1. Экспериментальная технологическая схема сорбционного выщелачивания на ГМЗ-3

3. Обработка пульпы в кольцевом электрокавитаторе.

4. Ввод в активированную пульпу сорбента 1 и его перемещение с пульпой в течение 3 часов. Сорбент участвует в процессе цианирования и как локальный концентратор (в плёночной фазе) активного реагентного комплекса и как поглотитель быстрорастворимой части золота (что существенно снижает эффект его переосаждения на минералы глин и слюды).

5. Ввод в хвостовой пачук сорбции сорбента 2, который перемещается эрлифтами против хода движения пульпы и выводится из сорбента 1.

При проведении опытно-промышленных работ испытывались различные технологические варианты, критерием оценки эффективности которых по взаимной договорённости сторон, был принят прирост рабочей ёмкости ионо-обменной смолы, загружаемой в одинаковых количествах в каждую из цепочек (одна из которых поочередно выполняла функцию контрольной).

Наиболее эффективной оказалась схема с использованием фотоэлектроактивированного исходного раствора с последующим вводом в него цианида натрия, ввода полученной реакционной смеси в пульпу и её электрокавитационная обработка. В среднем, несмотря на нестабильность проявления активационного эффекта, за всё время испытаний (87 суток) на экспериментальных технологических линиях был получен прирост извлечённого на ионит золота в количестве 72,3 кг, что составило 17 %. Учитывая, что в хвостовом пачуке сорбции содержание золота в жидкой фазе пульпы становится менее 0,1 мг/л, в том числе за счёт частичного переосаждения на минералы глин и слюды, что резко снижает эффективность сорбции, на этой стадии было предложено использовать электросорбционный процесс.

Основная идея способа электросорбционного извлечения золота из хвостов обогащения, разработанного нами в сотрудничестве с компаниями ООО «Геохим», ЗАО «Интегра» и Advanced Recovery, состоит в направленном разрушении связей комплексных анионов золота с минералами-сорбентами путём электродиссоциации удерживаемых ими комплексов: $Au[(CN)_2]^- = Au^+ + 2CN^-$. В прикатодных зонах анионит выполняет роль «ловушки» смещающихся к катоду метастабильных катионов (Au^+), периодически вновь образующих при объединении с ионами цианида ком-

плексные анионы: $Au^+ + 2CN^- = Au[(CN)_2]$.Такой метастабильный комплексный золото-циановый анион, при контакте с плёночной фазой анионита, удерживается в ней за счёт роста энергии связей с гидратными оболочками и, соответственно, с молекулами капиллярной воды в составе ионита. После этого анион диффундирует в его гелевую фазу, образуя связи с функциональными группами. Для проведения полупромышленных экспериментов, была разработана конструкция электросорбера, представленная на рисунке 2.

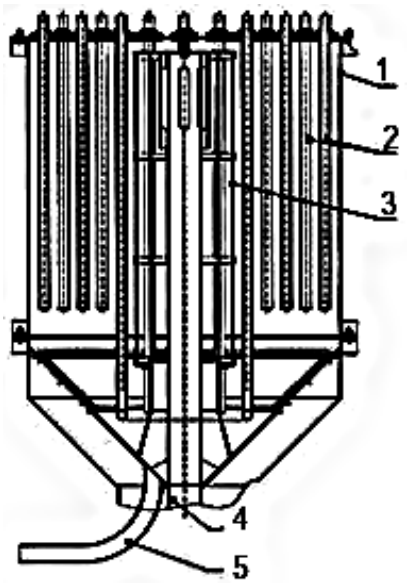


Рис. 2. Схема электросорбера (фронтальный разрез):
1 – корпус, 2 – электроды, 3 – ограждающий каркас, 4 – подводящая труба, 5 – выпускная труба

Испытание установленного за последним пачуком сорбции на промплощадке ГМЗ-3 электросорбера, проведённого авторами совместно с сотрудниками ЗАО «Интегра» А. Г. Секисовым и С. А. Мазуркевичем, показали, что возможно обеспечить доизвлечение до 28 % золота из хвостов текущей переработки. В промышленных масштабах процесс электросорбции может быть использован не во всём объёме пачука сорбции, а только в локальном объёме встроенного в него проточного электроактиватора, выполняющего и функцию эрлифта.

В течение последних 5 лет авторами в лабораторных условиях были проведены исследования процессов активационного кучного и кюветного выщелачивания дисперсного золота из минерального сырья техногенных образований Забайкальского края (хвостов обогащения Дарасунского, Балейского, Шахтаминского и ряда других рудников) [1–4].

Извлечение золота из текущих хвостов обогащения руд составило от 65 до 93 % по экспериментальным схемам, в то время как по контрольным цианидным – от 32 до 53 %.

Проведены были также и эксперименты по электродиффузионному выщелачиванию и электросорбционному извлечению из рабочих растворов и дренажных вод золота техногенных образований, сформированных при отработке его россыпных месторождений (в этих экспериментах, кроме авторов, принимали участие научные сотрудники Читинского филиала, профессора и доктора геолого-минералогических наук и технических наук А. И. Трубачёв, В. С. Салихов, Ю. И. Рубцов, кандидат технических наук Ю. И. Шевченко и кандидат технических наук, директор Забайкальского горного колледжа Н. В. Зыков). Эксперименты проводились в полевых условиях на отработанных участках россыпей и в гале-эфельных отвалах, расположенных в бассейнах рек Кручина и Дабиха. В ходе экспериментов было получено 70-процентное извлечение золота на сорбент.

Список литературы

1. Лавров А. Ю., Манзырев Д. В. Использование фотоэлектрохимических и электросорбционных процессов при геологотехнологическом тестировании упорных руд // Вестник ЧитГУ. 2013. № 2.

2. Секисов А. Г., Ерёмин А. М., Лавров А. Ю., Конарева Т. Г. Активационное выщелачивание дисперсного золота и его стадийная сорбция и электросорбция из рудных пульп и продуктивных растворов // Рациональное освоение недр. 2014. № 3. С. 62–68.

3. Секисов А. Г., Лавров А. Ю. Фотохимическая и электрохимическая активация выщелачивания и сорбции дисперсных форм благородных металлов // ГИАБ. Обогащение полезных ископаемых. 2009. № 15/2.

4. Секисов А. Г., Шевченко Ю. С., Лавров А. Ю. Перспективы использования шахтного выщелачивания при разработке золоторудных месторождений // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2016. № 1. С. 116–123.

УДК 555.497.622.765.06

Н. Е. Нехорошев,
АО « Висмут»,
г. Чита, Россия,
П. М. Соложенкин,
доктор технических наук, профессор,
академик АН Республики Таджикистан,
Институт проблем комплексного освоения недр РАН,
г. Москва, Россия

Исследование технологии переработки руд «Железного кряжа»

Детально изучен вещественный состав руд. Выполнен прогноз оценки активности ряда собирателей. На основе величины ПОАС рекомендованы смеси флотореагентов, эффективность которых подтверждена при флотации руды. Разработана и предложена инновационная технологическая схема переработки уникальных руд золото-сульфидно-магнетитового состава с получением слитков золота лигатурного, а также висмутового и железного концентратов.

Ключевые слова: *флотация, минералы висмута, золото, реагенты, цианирование, молекулярное моделирование, «Железный кряж»*

N. E. Nekhoroshev,
Vismut Company,
Chita, Russia,
P. M. Solozhenkin,
Doctor of Technical Sciences, Professor,
Academy of Sciences the Republic of Tajikistan,
Research Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources,
Moscow, Russia

Study of technology for zhelezny kryazh ore processing

Ore composition has been studied in detail. Collector activity evaluation prediction (CAEP) for a number of collecting agents has been determined. On the basis of the CAEP size the flotoreagent mixtures, whose effectiveness has been confirmed during ore flotation were recommended. It was developed and proposed an innovating technological flowsheet for processing of unique gold-sulfide-magnetite ore resulted in obtaining Dore gold, bismuth and iron concentrate.

Keywords: *flotation, bismuth minerals, gold, reagents, cyanidation, molecular modeling*

Месторождения золота, руды которых сложены магнетитом, золотом и сульфидами, встречаются довольно редко. На территории Российской Федерации, в Забайкальском крае известно месторождение «Железный кряж», относящееся к золото-сульфидно-магнетитовому типу [5]. Месторождение открыто и впервые оценено как железорудное ещё в 1852 г.

В 1966–1973 гг. экспедицией Сосновгеологии в железных рудах выявлены промышленные содержания золота в пределах зоны минерализации «Северная».

С 2010–2012 гг. по настоящее время геологоразведочные работы на месторождении проводит ЗАО «Висмут». Выполнена оценка золотого, висмутового и железного оруденения. Переработка руд месторождения является актуальной, т. к. наряду с золотом и магнетитом позволит извлекать стратегический металл висмут.

В ряде статей было высказано и обосновано предположение о том, что для России основным источником производства Bi могут быть медные и вольфрам-молибденовые месторождения [3; 4]. По оценке Metalresearch LLC, добыча и производство Bi в России достаточное низкое и составляет до 5 т. Россия также импортирует висмут, но в малых количествах (~7,6 т). Однако потребление Bi уже в 2010 г возросло до 20,2 т. Уникальность месторождения требует углублённых технологических исследований с привлечением ведущих научно-исследовательских учреждений, таких как ОАО «Иргиредмет» и ЗАО «Полиметалл Инжиниринг».

В данной статье предпринята попытка обобщить работы по исследованию и переработке руд месторождения «Железный кряж», выполненные в ряде научных организаций.

Прогноз активности органических соединений в качестве собирателей

Для подбора оптимальных и эффективных флотореагентов был привлечён метод молекулярного моделирования кластеров минералов и реагентов. Результаты флотации определяются закономерностями

и формами закрепления реагентов на поверхности раздела фаз, знание которых позволяет управлять и регулировать флотацию и создавать научную базу для её дальнейшего совершенствования, развития и интенсификации. С этой точки зрения, продуктивной формой исследований процесса является использование компьютерных технологий и химических программ.

Авторы исследования использовали программу ChemBio 3D специализированного комплекса ChemOffice корпорации Cambridge Soft в основном для создания 3D-моделей минералов, реагентов (композитов) и их комплексов, структуры которых оптимизировали и минимизировали при использовании молекулярной механики (ММ 2) и сохраняли с расширением mop [9–11; 16].

Расчёт же основных данных при компьютерном моделировании минералов и реагентов осуществляли самым современным методом PM 7 с помощью программного модуля MOPAC 2012, MOPAC 2015 с использованием файлов типа ARC и Gaussian Output (последний выводит файл расчёта основных термодинамических свойств молекулы).

Для установления флотационной способности реагента предложен прогноз оценки активности собирателя (далее – ПОАС), а именно, – взаимодействия собирателя с кластером минерала, в виде разницы общей энергии комплекса и суммы энергии кластера и энергии собирателя, определяемый по выражению: ΔE = E комплекса – (E кластера + E собирателя), эВ (ПОАС). Чем больше отрицательное значение энергии взаимодействия, тем более предпочтительно взаимодействие собирателя с кластером минерала. ПОАС, хотя и не может служить физико-химической характеристикой состояния флотируемой частицы «в целом», позволяет сделать ряд весьма важных выводов. Поэтому это уравнение широко применяется при исследовании [6; 12; 15; 17; 18].

Вычислена величина ПОАС для комплекса висмутина с рядом собирателей. Установлен порядок перспективных собирателей для флотации висмутина (уменьшение ПОАС): диэтилдитиокарбаминовая + дибутилдитиофосфорная кислоты = 4,4922 > Bi_2S_3 + гексилксантогеновая кислота = 3,5724 > Bi_2S_3 + диэтилдитиокарбаминовая кислота = 3,5304 > Bi_2S_3 + $(C_2H_5)_2PCS_2H$ = 3,0883 > Bi_2S_3 + бутилксантогеновая кислота = 2,8624 > Bi_2S_3 + дифенилдитиофосфиновая кислота = 1,4281 > Bi_2S_3 + 2-меркаптобензтиазол = 1,21941. Наименьший ПОАС характерен для гексилксантогеновой, диэтилдитиокарбаминовой кислот и эта величина коррелирует с их флотационной активностью [1].

Изучены бинарные (смеси) реагентов типа: бутиловый ксантогенат (бутил Кх) + диизобутилдитиофосфат (дибутилдитиофосфат дибутил Dtf); бутиловый ксантогенат и диметилдитиокарбамат; бутиловый ксантогенат и меркаптохинолин; аминоксантогенат и О-алкилалкилдитиофосфонат [15; 17].

Для Bi_2S_3 + 1 бутилксантогеновая кислота ПОАС равен 2,8624 эВ, для Bi_2S_3 + бутиловый ксантогенат (бутил Кх) + диизобутилдитиофосфат ПОАС составляет 2,9117 эВ.

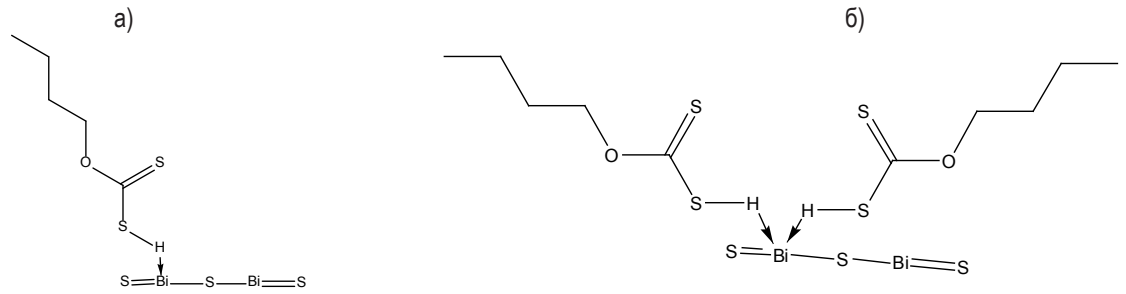
Бинарные собиратели типа: смесь бутил Кх+диизобутилдитиофосфат (ФРИМ 9) (смесь диэтилдитиокарбаминовая + дибутилдитиофосфорная кислоты), более эффективные собиратели, т. к. их ПОАС минимален.

Были созданы также модели-3D и вычислена энергия ксантогенатовых комплексов висмута с дибутилдитиофосфатом типа Bi(бутил Кх)$_3$ ПОАС = 5,128, для Bi(бутил Кх)$_2$(дибутил Dtf) ПОАС = 4,75541, для Bi(бутил Кх)(дибутил Dtf)$_2$ ПОАС = 4,50006, для Bi(-дибутил Dtf)$_3$ ПОАС = 3,65185 (эВ). Для смешанных комплектов висмута ПОАС уменьшается от 3,65185 до 5,128 (эВ) с последовательным замещением одной молекулы дибутилдитиофосфата в комплексе ксантогенатом.

Установлено, что ван-дер-ваальсово взаимодействие (1,4 ВДВ) закономерно увеличивается от Bi(бутил Кх)$_3$ до Bi(дибутил Dtf)$_3$. Поэтому добавление в смесь реагентов типа дибутилдитиофосфата положительно скажется на флотации минералов висмута.

Исследовали ПОАС для смеси бутилового ксантогената с диметилдитиокарбаматом (диметил Dtc). Для Bi(бутил Кх)$_3$ ПОАС = 5,128, для Bi(бутил Кх)$_2$ диметил Dtc ПОАС = 5,47225, для Bi(бутил Кх) (диметил Dtc)$_2$ ПОАС = 6,36838, для Bi(диметил Dtc)$_3$ ПОАС = 6,52328. Для смешанных комплектов висмута ПОАС уменьшается от 5,128 до 6,52328 (эВ) с последовательным замещением одной молекулы в комплексе ксантогената диметилдитиокарбаматом.

На рисунке 1 представлены кластеры висмутина и комплексы висмутина с прикреплённых к атому висмута минерала различных собирателей.



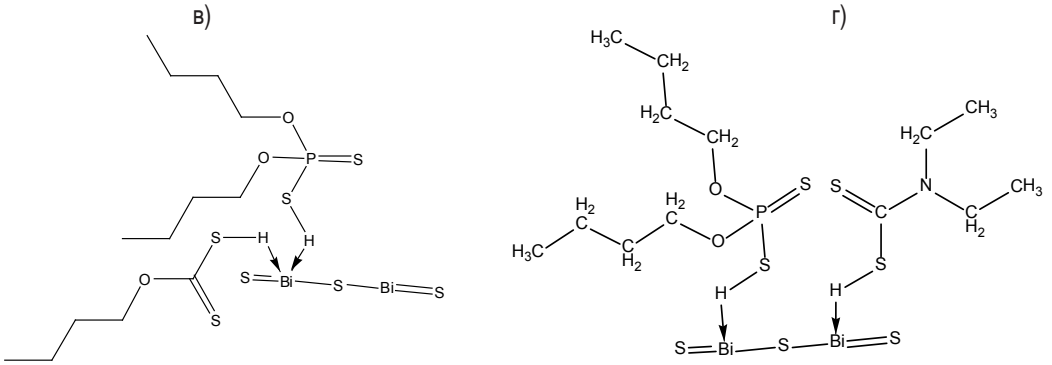


Рис. 1. Кластеры висмутина и комплексы минералов с прикреплённым к атому Bi минералом:
а – бутилксантогеновой кислоты, б – диэтилдитиокарбамата и дибутилдитиофосфата, в – комплексы висмутина с двумя прикреплёнными молекулами бутиловой ксантогеновой кислоты, г – с молекулой дибутилдитиофосфорной кислоты и молекулой бутиловой ксантогеновой кислоты

Для флотации висмутина из руд показана целесообразность использовать композиты сульфгидрильных собирателей, в частности диэтилдитиокарбамата и дибутилдитиофосфата. Эта смесь будет испытана в дальнейшем при флотации новых проб руды месторождения «Железный кряж».

Композиция же реагентов бутилового ксантогената и диизобутилдитиофосфата была проверена при флотации золото-висмут-магнетитсодержащих руд месторождения «Железный кряж».

Сотрудники ГУ ИГД ДВО РАН Е. Д. Шепета, Л. А. Саматова, О. В. Воронова использовали смесь бутилового ксантогената и аэрофлота ИМА-413П для разделения медно-мышьяковистого комплекса при обогащении скарновых шеелит-сульфидных руд.

Технологические исследования руд

Исследования по совершенствованию технологической схемы переработки руды проводились ЗАО «Полиметалл Инжиниринг» в 2013 г. на двух пробах руды. Исследования проведены В. В. Голиковым. В процессе работы был изучен вещественный состав представленных проб и выполнены лабораторные исследования по флотационному обогащению.

Для повышения показателей обогащения руды предложено использование соснового масла взамен спиртового пенообразователя Т-92. При увеличении расхода бутилового ксантогената калия (БКК) до 1200 г/т (ПОАС – 2,8624 эВ) извлечение золота не превышает 79 %. Использование при флотации сочетания БКК (300 г/т) и аэрофлотов (300 г/т) (ПОАС – 2,9117 эВ) способствует существенному повышению извлечения золота.

На пробе Северной зоны месторождения извлечение золота в концентрат с содержанием Au 9,36 г/т составило 91,1 %. Извлечение висмута в концентрат составило 96,6 % при содержании его 1,0 %.

Для легкообогатимой пробы Южной зоны месторождения при обогащении по одностадиальной схеме флотации в условиях выбранного для пробы Северной зоны реагентного режима извлечения золота (содержание Au – 15,5 г/т) и висмута (содержание Bi – 0,5 %) составило 92,4 и 94,7 %, соответственно. При снижении выхода концентрата до 18,6–18,9 % извлечения золота и висмута составит 90 и 93 %, соответственно.

На основании результатов лабораторных экспериментов предложена одностадиальная схема обогащения, предусматривающая измельчение исходной руды до массовой доли класса минус 0,071 мм 92–95 % и последующую флотацию с выделением флотационного золото-висмутового концентрата из руды Северной и Южной зон. Предложен реагентный режим, предусматривающий использование сочетания сульфгидрильных собирателей – БКК и А-8045 (производитель Cytec) или ФРИМ-9 (производитель «Механобр-оргсинтез-реагент»), а также аполярного собирателя – керосина (в виде двухпроцентной водной эмульсии) с подачей в качестве вспенивателя соснового масла.

Результаты исследований, выполненных в ОАО «Иргиредмет»

Иргиредмет провёл обширные исследования данных руд. Эти исследования проводили А. Ю. Чикин, А. Н. Пшенников, Н. С. Войлошникова, Н. Е. Нехорошев. Эти изучения представлены в статьях [2; 7; 8; 12], а также в отдельных регламентах.

Исследования проводились в 2014–2015 гг. на лабораторно-технологических пробах руды месторождения «Железный кряж»: ТП-13-1 (рудная зона «Северная») и композитная проба руды, составленная из пробы ТП-13-1 (85 %), и ранее изученных проб ТП-1 (3,8 %) и ТП-4 (11,2 %), отобранных из рудных зон «Северная» и «Южная» [7].

Целью работы являлось проведение комплекса исследований, необходимых для разработки дополнения к технологическому регламенту по переработке руды месторождения «Железный кряж» с учётом результатов исследований, полученных ЗАО «Полиметалл Инжиниринг» в 2013 г.

Сравнительный анализ минерального состава проб показал, что по перечню рудных и породообразующих минералов пробы идентичны: отмечается незначительная разница в их количественном соотношении.

Данные рационального анализа показывают, что основная масса золота в обеих пробах присутствует в доступной сорбционному цианированию форме – 84,6 и 87,0 % (пробы ТП-13-1 и композитная). Из них на долю сростков с рудными и породообразующими компонентами приходится соответственно 80,0 и 78,4 %, а свободного (амальгамируемого) благородного металла) – 4,6 и 8,6 %. Упорное (неизвлекаемое сорбционным цианированием) золото, в основном, ассоциировано с сульфидами (8,1 и 8,0 %) и комплексом минералов, растворимых в соляной кислоте – оксидами и гидроксидами железа (в основном, магнетитом), карбонатами, пирротином (5,0 и 3,3 %) и пр. Менее выраженное влияние на упорность оказывают плёнки на поверхности золота (0,4 и 0,7 %) и тонкая вкрапленность благородного металла в породообразующие минералы (1,9 и 1,0 %).

Наиболее высокое извлечение золота при флотационном обогащении получено при проведении тестовых опытов в режиме ЗАО «Полиметалл», включающем основную (10 мин) и две контрольных (по 15 мин) операции с общим расходом реагентов БКК 600 г/т, ФРИМ-9 – 250 г/т, сосновое масло (СМ) – 90 г/т. Показатели обогащения руды, представленной пробами ТП 13-1 («Северная») и композитной, показаны в таблице 1.

В процессе флотационного обогащения получены концентраты, содержащие 6,9 г/т и 7,3 г/т золота, 0,620 % и 0,473 % висмута, при выходе 30,9 % и 34,18 %, соответственно. Извлечение золота в концентрат для пробы руды ТП 13-1 «Северная» составило 89,5 %, висмута – 97,2 %, для композитной пробы извлечение золота – 90,4 %, висмута – 96,8 %. Содержание золота в хвостах флотационного обогащения пробах ТП 13-1 и композитной – 0,36 г/т 0,40 г/т, висмута – 0,008 % и 0,008 %.

Таблица 1

Показатели обогащения проб руды

Проба	*Наименование продукта*	*Выход, %*	*Содержание золота, г/т*	*Извлечение золота, %*	*Содержание висмута, %*	*Извлечение висмута, %*
«Северная»	Концентрат	30,88	6,9	89,5	0,620	97,2
	Хвосты	69,12	0,36	10,5	0,008	2,8
	Руда	100,00	2,38	100,0	0,197	100,0
Композитная	Концентрат	34,18	7,3	90,4	0,473	96,8
	Хвосты	65,82	0,40	9,6	0,008	3,2
	Руда	100,00	2,76	100,0	0,167	100,0

Использование смеси реагентов при переработке золотосодержащей руды позволило получить отвальные по золоту хвосты и отказаться от второй стадии цианирования [14].

Магнитная сепарация хвостов флотации

Опыты по магнитной сепарации проводились на хвостах флотационного обогащения проб руды ТП 13-1 («Северная») и композитной.

Полученные результаты подтвердили высокую эффективность данного процесса для получения железного концентрата. Для проб руды «Северная» и композитной получены схожие результаты: в магнитную фракцию железо извлеклось на 94,7–94,8 % при содержании порядка 69,2–69,3 %.

Цианирование проб флотоконцентратов

Было предпринято доизмельчение флотоконцентратов до крупности 96 % класса минус 0,04 мм в шаровой мельнице, проведены опыты по цианированию проб флотоконцентратов, измельчённых до данной крупности, при варьировании расхода цианида натрия от 4 до 8 кг/т флотоконцентрата. Известковую обработку с продувкой воздухом проводили в течение 6 ч, расход извести составил 12 кг/т концентрата.

Установлено, что для композитной пробы содержание золота в кеках цианирования составило 0,66–0,67 г/т (при расходе NaCN 6–8 кг/т), извлечение Au – 91,0–90,8 %. Для флотоконцентрата, полученного при обогащении руды зоны «Северная», минимальное содержание золота в кеке (0,74 г/т) получено при расходе цианида натрия 8 кг/т, а извлечение золота – 89,3 %. С целью повышения извлечения золота изучено влияние сверхтонкого измельчения флотоконцентратов в лабораторной бисерной мельнице Netsch PO75 периодического действия на показатели цианирования.

С повышением доли класса минус 10 мкм с 28,3 % (флотоконцентрат исходной крупности) до 98 % указанного класса содержание золота в кеке цианирования снизилось с 0,83 до 0,33 г/т (известковая обработка с продувкой воздухом) и до 0,27 г/т (известковая обработка с продувкой кислородом). При этом расход

извести при известковой обработке повысился с 9,0 до 18 кг/т. Отмечено снижение расхода цианида натрия с 15 до 13,8 кг/т при проведении известковой обработки с продувкой кислорода вместо воздуха.

Извлечение золота из флотоконцентрата составило 95,5 %. Максимальное извлечение золота из флотоконцентрата зоны «Северная» составило 92,3–92,7 % при содержании Au в кеке 0,5–0,53 г/т при крупности измельчения материала 95,5 % класса минус 10 мкм.

Сверхтонкое измельчение флотоконцентратов повышает извлечение золота при цианировании. В качестве оптимальной может быть принята продолжительность известковой обработки 6 ч с продувкой воздухом при расходе извести (CaO) 15 кг/т. В качестве оптимального может быть принят расход цианида натрия 6–8 кг/т, который обеспечивает содержание Au в кеках цианирования обеих проб 0,43–0,47 г/т при извлечении 94,1–93,5 % (композитная проба) и 93,2–93,7 % (зона «Северная»). Изучено влияние кислорода в процессе цианирования на извлечение золота из флотоконцентратов после сверхтонкого измельчения до крупности минус 20 мкм 87,8 % (композитная проба) и 91,16 % (зона «Северная»), при продолжительности известковой обработки с продувкой воздухом в течение 6 ч и расходе цианида натрия 6 и 8 кг/т флотоконцентратов. Продолжительность процесса цианирования варьировали от 8 до 36 ч, процесс осуществляли с продувкой воздуха, кислорода и без дополнительной продувки.

Установлено, что для композитной пробы при расходе цианида натрия 6 кг/т флотоконцентрата с использованием в процессе цианирования дополнительной продувки пульпы воздухом, кислородом повышается кинетика выщелачивания. За 24 ч сорбционного цианирования без продувки содержание золота в кеке цианирования составило 0,47 г/т, при продувке воздухом или кислородом – 0,32 г/т при извлечении золота из концентрата, 93,5 и 95,6 %, соответственно. Увеличение продолжительности процесса цианирования до 36 ч привело к незначительному снижению содержания золота в кеках (на 0,02 г/т). Повышение расхода цианида натрия с 6 до 8 кг/т приводит к снижению содержания золота в кеке на 0,1 г/т. Показано, что проводить процесс цианирования при повышенном расходе растворителя (8 кг/т концентрата) нецелесообразно. В качестве оптимального принят расход цианида натрия 6 кг/т флотоконцентрата.

В качестве оптимальных могут быть приняты следующие параметры цианирования флотоконцентрата композитной пробы:

– доизмельчение флотоконцентрата в бисерной мельнице до крупности 88 % класса минус 20 мкм;

– известковая обработка с продувкой воздухом в течение 6 ч при расходе извести 20 кг/т и при отношении Ж : Т = 2,5 ÷ 3,0:1;

– сорбционное цианирование с продувкой воздухом при расходе цианида натрия 6 кг/т флотоконцентрата и продолжительности процесса 24 ч. Извлечение золота из флотоконцентрата композитной пробы в данных условиях составило 93,5 % при содержании Au в кеках цианирования 0,32 г/т.

В приведённых выше условиях извлечение золота из флотоконцентрата, полученного при обогащении руды зоны «Северная», составило 97,1 % при содержании Au в кеках 0,2 г/т. При доизмельчении флотационных концентратов в бисерной мельнице сквозное извлечение золота из руды композитной пробы составило 90,4 · 0,935 = 84,5 %, из руды зоны «Северная» – 89,5 · 0,971 = 86,9 %.

При доизмельчении флотационных концентратов в шаровой мельнице до крупности 95 % класса минус 40 мкм сквозное извлечение золота из руды композитной пробы составило 90,4 · 0,91 = 82,2 %, из руды зоны «Северная» – 89,5 · 0,893 = 79,9 %.

Флотация висмута из хвостов цианирования

Опыты по флотационному обогащению проводились с целью повышения качества висмутового концентрата, получаемого после сорбционного цианирования золото-сульфидно-висмутового концентрата флотационного обогащения. В качестве объекта исследований использовали флотоконцентрат композитной пробы руды. В процессе исследований были испытаны реагенты собиратели Aero XD-5002 (Cytec), ФРИМ-9 (Квадрат+), БКК, регуляторы pH – H_2SO_4, $Fe_2(SO_4)_3$, пенообразователь сосновое масло (СМ). Наилучшие результаты получены при использовании в качестве реагентов бутилового ксантогената калия и соснового масла. Результаты флотационного обогащения пульпы после сорбционного цианирования при исходном pH = 11 показали, что извлечение висмута в висмутовый концентрат от операции не превысило 31–33 %. При этом содержание висмута в концентрате флотационного обогащения получено на уровне 1 %. Снижение pH пульпы перед флотационным обогащением до 7–7,5 позволило получить извлечение висмута от операции на уровне 60–62 % в концентрат, содержащий порядка ~ 2–3 % висмута. Наиболее высокое извлечение висмута флотационным обогащением получено при проведении опытов в режиме, включающем основную (10 мин), контрольную (15 мин) и перечистную (6 мин) операции с общим расходом реагентов БКК 150 г/т (100 г/т – основная, 50 г/т – контрольная), соснового масла – 90 г/т (60 г/т – основная, 30 г/т – контрольная), pH = 7–7,5. Показатели флотационного обогащения висмута в замкнутом цикле показаны в таблице 2.

В процессе флотационного обогащения обезвреженной пульпы после сорбционного цианирования получен концентрат, содержащий 3,0 % висмута, при выходе – почти 9,5 %. Извлечение висмута в концентрат флотации составило 60,03 %. Содержание висмута в хвостах флотационного обогащения – 0,21 %.

Таблица 2

Показатели флотационного обогащения висмута

Проба	*Наименование продукта*	*Выход, %*	*Содержание висмута, %*	*Извлечение висмута, %*
Композитная	Концентрат висмутовый	9,47	3,00	60,03
	Хвосты флотации	90,53	0,21	39,97
	Исходный кек цианирования	100,00	0,47	100,0

Принципиальная технологическая схема извлечения золота, висмута и железа из руды показана на рисунке 2.

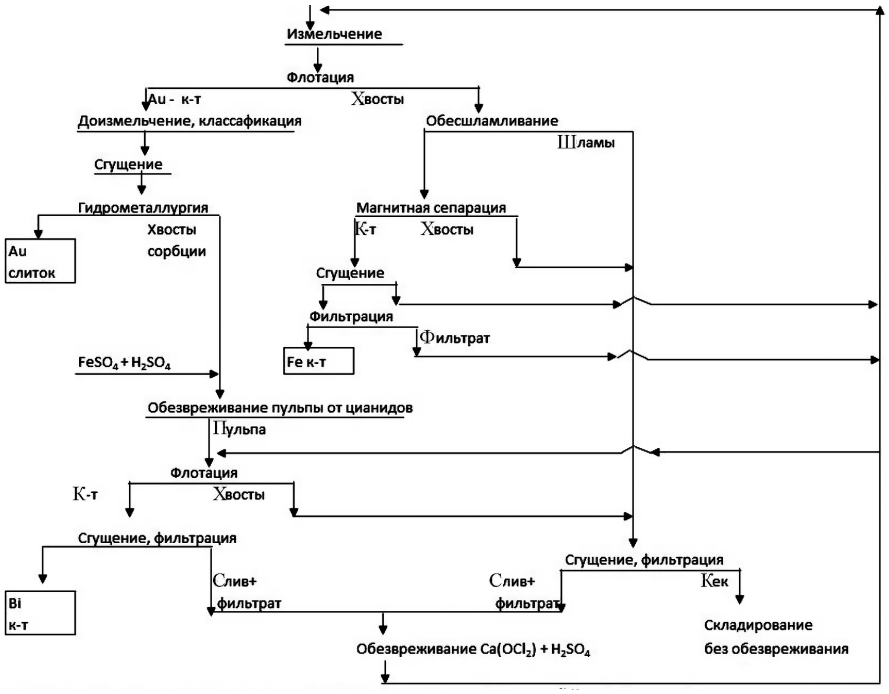


Рис. 2. Принципиальная технологическая схема переработки руды месторождения «Железный кряж»

На основе сказанного можно сделать следующие выводы:

1. На основе молекулярного моделирования были созданы модели, определены жёсткость, электроотрицательность основных висмутовых минералов. Предложен прогноз оценки активности собирателя (ПОАС) – взаимодействия собирателя с кластером минерала – в виде разницы общей энергии комплекса и суммы энергии кластера и энергии собирателя.

Показано, что уменьшение ПОАС для гексилксантогеновой, диэтилдитиокарбаминовой кислот коррелирует с их флотационной активностью собирателей при флотации висмутовых минералов.

2. На основании выполненных лабораторных исследований и полупромышленных испытаний, практики переработки золотосодержащего сырья для переработки руды месторождения «Железный кряж» рекомендована флотационная технология с получением золото-висмутового концентрата сорбционным выщелачиванием золота из золото-висмутового концентрата, магнитной сепарацией хвостов флотации с целью получения магнетитового концентрата. Магнетитовый концентрат складируется для последующей реализации.

Золотосодержащий флотационный концентрат после доизмельчения в шаровой мельнице подвергается предварительной известковой обработке, предварительному цианированию и сорбционному выщелачиванию с использованием процесса «уголь в пульпе». Для десорбции золота с насыщенного угля, полученного в схеме переработки флотоконцентрата, рекомендован IPS-метод десорбции с использованием оборудования производства КНР.

Хвосты сорбционного выщелачивания флотационного концентрата после обезвреживания пульпы от цианидов и создания необходимой pH подвергаются флотации с получением висмутового концентрата.

Конечной продукцией при переработке руды являются: золото лигатурное с извлечением золота 80,28 %, висмутовый флотоконцентрат с содержанием висмута 3 % и извлечением 57,6 % и магнетитовый концентрат с содержанием железа 65 % и извлечением 68,9 %

Предложена инновационная технологическая схема переработки уникальных золото-сульфидно-магнетитового типа руд с получением слитков золота лигатурного, висмутового и железного концентрата.

Список литературы

1. Глембоцкий В. А., Соколов Е. С., Соложенкин П. М. Обогащение висмутсодержащих руд / отв. ред. И. А. Глухов; Академия наук Таджикской ССР; Институт химии. Душанбе: Дониш,1972. 186 с.

2. Инновационные процессы комплексной и глубокой переработки минерального сырья / А. Н. Пшенников и [др.] // Плаксинские чтения-2013: материалы Междунар. совещания (г. Томск. 16–19 сен. 2013 г.) / под общ. ред. В. А. Чантурия. Томск: Изд-во ТПУ, 2013. С. 496–497.

3. Кренев В. А., Дробот Н. Ф., Фомичев С. Ф. Висмут: ресурсы, области применения и мировой рынок // Химическая технология. 2014. Т. 15, № 1. С. 42–46.

4. Кренев В. А., Дробот Н. Ф., Фомичев С. Ф. Процессы извлечения висмута из руд и концентратов // Химическая технология. 2014. Т. 15, № 5. С. 304–308.

5. Месторождения металлических полезных ископаемых / В. В. Авдонин [и др.]. М.: Трикста, 2005. 713 с.

6. Нехорошев Н. Е., Соложенкин П. М., Пшенников А. Н. Разработка технологии переработки золото-сульфидно-магнетитовой руды месторождения «Железный кряж» // IX Конгресс обогатителей стран СНГ (г. Москва. 26–28 фев. 2013 г.): сб. материалов. 2013. Т. II. С. 431–432.

7. Пшенников А. Н., Чикин А. Ю. Золотодобыча // Иргиредмет. 2014. № 11 (192). С. 8–9.

8. Пшенников А. Н., Чикин А. Ю., Нехорошев Н. Е. Переработка золото-сульфидно-магнетитовой руды // Материалы XVII Международной научно-технической конференции (г. Екатеринбург. 3–4 апр. 2012 г.). Екатеринбург: Форт Диалог-Исеть, 2013. С. 85–86.

9. Соложенкин И. П., Пшенников А. Н., Нехорошев Н. Е. Развитие принципов выбора реагентов для флотации минералов висмута // Вестник ИГТУ. 2016. Вып. 3/110. С. 112–123 .

10. Соложенкин П. М. Развитие принципов выбора реагентов для флотации минералов сурьмы и висмута // Доклады академии наук РАН. 2016. Т. 466, № 5. С. 599–562.

11. Соложенкин П. М., Нехорошев Н. Е. Прогноз оценки активности собирателей при флотации висмутовых минералов по данным квантово-механическим представлениям // XVII Международной научно-технической конференции (г. Екатеринбург. 3–4 апр. 2013 г.). Екатеринбург: Форт Диалог-Исеть, 2013. С. 97–101.

12. Guiye Wu, Longli Liu, Ming'an Wei, Fayu He and Chuanyao Sun. Computer-based study on QSAR of small molecule depressors for chalcopyrite: Books of Abstracts // XXVII International Mineral Processing Congress (Santiago, Chile, October 20–24). 2014. V. 1. 122 p.

13. Pradip, Milind Sabne, Beena Rai. Computer – aided design and optimisation of industrial flotation circuits: Books of Abstracts // XXVII International Mineral Processing Congress, Head Editor Juan Vianator (Santiago, Chile, October 20–24). 2014. V. 1. 150 p.

14. Pshennikov A. N., Solozhenkin P. M., Nekhoroshev N. Ye, Voyloshnikova N. S.The technology of processing Au-Bi-Fe3O4-ores and molecular modelling. IMPC2014 CHILE: Books of Abstracts // XXVII International Mineral Processing Congress (Santiago, Chile. October 20–24). 2014. V. 1. 418 p.

15. Solozhenkin P. M., Iibragimova O. I. Selection of the floatation reagents in order to improve metals recovery from the ores via the computer-aided approaches // 24 International Mining Congress and Exhibition of Turkey. IMCET-15 ANTALYA (Turkey, April 14–17). 2015. P. 1280–1288.

16. Solozhenkin P. M. Development of principles of selection of reagent for flotation minerals of antimonite and bismuthine // Doklady Chemistry. 2016. V. 456. Part. 2. P. 57–60.

17. Solozhenkin P. M., Iibragimova O. I. Molecular Modeling as an Approach for Flotation Selection // International Journal of Science, Research. Journal Impack Factor. 2015. V. 4. P. 391.

18. Solozhenkin P. M., Iibragimova O. I. Molecular Modeling and Docking as an Approach for Predicting Potential Flotation Reagents // Proceeding of the World Congress on Mechanical, Chemical and Material Engineering (Barcelona, Spain, Jule 20–21). 2015. P. 304.

УДК 622.234.3

И. М. Паланкоев,
кандидат технических наук,
О. А. Мишедченко,
адъюнкт РАЕН,
Национальный исследовательский технологический университет МИСиС,
г. Москва, Россия

Исследование влияния буровзрывных работ при рыхлении пород в забое вертикального ствола, проходимого способом искусственного замораживания, на герметичность замораживающих колонок

Проходка стволов буровзрывным способом по полностью промороженным породам часто заканчивается разрушением замораживающих колонок на контактах песок – глина. Причина такого явления до сих пор не найдена. Известно, что при применении буровзрывного способа разрушения замороженных пород в слоистом массиве действуют силы и перемещения, создаваемые ударной волной взрыва. В статье рассмотрен механизм разрушения замораживающих колонок, возникающий вследствие динамического воздействия ударных волн на контур замораживающей скважины и приводящий к обжатию замороженного глинистого раствора, находящегося в пространстве между породным контуром скважины и замораживающей колонкой. В результате исследуемого процесса замораживающая колонка деформируется с образованием вмятины и потерей устойчивости.

Ключевые слова: *вертикальный ствол, способ искусственного замораживания, замораживающая колонка, буровзывные работы, ударная волна, деформирование замораживающих колонок, динамическая нагрузка, дифракция, нагрузка отражения*

I. M. Palankoev,
Candidate of Technical Science,
O. A. Mishedchenko,
Associate RANS,
National University of Science and Technology MIS&S,
Moscow, Russia

Investigation of the blasting works influence on the leak tightness of freezing pipes, while rock loosening in the shaft bottom for shafts, sinking under artificial ground freezing method, authors credentials

Shaft sinking by shaft blasting method through entirely frozen rocks common terminates with destruction on freezing pipes in the sand-clay junctions. Cause of this effect up to now has not been found. It is well known that in case of shaft blasting of frozen rocks in stratified mass, there appears strengths and displacements, generated by blast wave. The article is devoted to the explosive failure mechanism by the action of shock waves towards the counter of freezing columns, which is also leading the reduction of frozen clay mud in the annular space. As a result of the examined process, freezing column distorts, forming dimple and banking failures (crippling).

Keywords: *Shaft; artificial ground freezing; freezing pipe; shaft blasting; shock wave; crippling of freezing pipes; dynamic load, diffraction; reflection*

Несмотря на значительный опыт, накопленный в подземном строительстве по применению способа искусственного замораживания, темпы проходки остаются на уровне 1990-х гг. или изменились весьма незначительно. Наиболее трудоёмкая операция проходческого цикла – разработка замороженных пород в забое, ведётся, в основном, отбойными молотками. В то же время известно, что применение взрывной отбойки породы в забое позволяет существенно повысить эффективность проходческих работ. Нормативными документами ранее запрещалось применение взрывной отбойки в замороженных породах крепостью до 3 по шкале проф. М. М. Протодьяконова, а в отменённом СНиП III-11-77 «Подземные горные выработки» были введены ограничения по допустимому расстоянию от шпура до замораживающей колонки (от 1,1 до 1,4 м в глинах или скальных породах) и по длине шпура. В действующих в настоящее время нормативных документах [4] и ПБ 03-428-02 никаких ограничений или предостережений по применению БВР нет, что предопределяет актуальность исследований степени влияния буровзрывных работ на герметичность замораживающих колонок.

Взрывные работы оказывают негативное воздействие на защитное ледопородное ограждение и часто являются причиной деформирования и разрушения замораживающих колонок, что, в свою очередь, приводит к тяжёлым аварийным ситуациям, связанным с проры-

вом подземных вод или рассолов, частичным размораживанием ледопородного ограждения и затоплением ствола. Ликвидация последствий аварийных ситуаций, восстановление повреждённых замораживающих колонок связано с большими затратами средств и времени, а также с остановкой горнопроходческих работ на повторный срок активного замораживания, особенно в районе бурения новых замораживающих колонок.

Однако аварийные ситуации при применении взрывных работ происходят только при определённом сочетании горно-геологических условий и приурочены к зонам контактов замороженных пород с различными физико-механическими свойствами.

Следовательно, возможность применения взрывной разработки замороженных пород требует детального изучения процесса воздействия взрывных волн на ледопородное ограждение и устойчивость замораживающих колонок.

Нужно отметить, что в проанализированной отечественной и зарубежной, в основном немецкой, научной литературе, рассматривается воздействие на замораживающие колонки только прямой взрывной волны сжатия при малых величинах шпурового заряда (1–5 кг). При этом замороженный массив рассматривается как монолитный и прочный. Однако из данных практики известно, что наибольшее число аварийных разрушений замораживающих колонок фиксировались в зоне контакта пород с различной акустической жёсткостью, таких как замороженные пески и глины. Доказано [5], что в зоне контакта таких пород возникает явление толщинного резонанса, при котором энергия взрывной волны возрастает до значения ударной волны.

В данной статье рассматривается механизм воздействия ударных волн на замораживающую колонку, проходящий на контуре замораживающей скважины и замороженного глинистого бурового раствора.

На рисунке 1 приведена схема воздействия взрывных волн на замороженный массив и в зоне забоя ствола, и незакреплённой части породных стенок ствола. Прохождение взрывных и отражённых волн фиксировалось при помощи датчиков, расположенных на незакреплённых стенках ствола (1) на расстоянии 0,4; 2,4; 3,4 м. Диаметр ствола составлял 9,0 м в проходке. Длина шпура принималась 1,8 м. Рассматривались данные от взрыва 5-го ряда шпуров. Показано возможное прохождение взрывной волны от каждого из зарядов (патрона) в шпуре, как от сферического излучателя прямых и преломленных волн, которые от наружного контура ледопородного ограждения, как от отражённой поверхности, возвращаются к стенкам ствола в проходке.

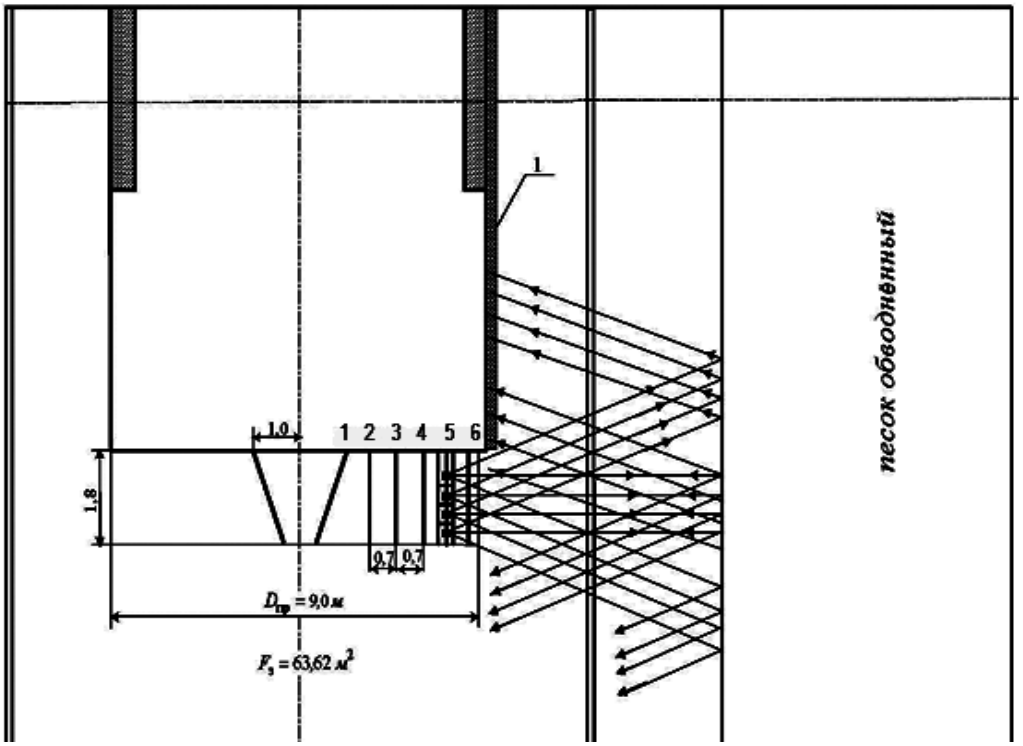


Рис. 1. Схема отражения продольных волн от внутренней поверхности ЛПО

Из предлагаемого рисунка 1 очевидно, что отражённая волна на датчики, расположенные на расстоянии 6,6 м от забоя, не воздействует. Этот вывод подтверждается сейсмограммой взрывных волн, представленной на рисунке 2, показывающей, что датчик (5) практически не регистрировал отражённые волны, а показывал лишь незначительные амплитуды от поперечных волн.

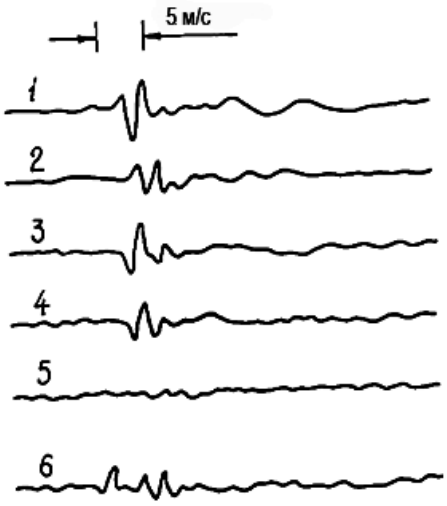


Рис. 2. Зафиксированные амплитуды волн

На основании изложенного были сделаны следующие выводы:

1. Воздействие отражённых сейсмических волн от предыдущего взрыва на незакреплённую часть стенки ствола в ледопородном ограждении распространяется вверх на расстояние, равное радиусу ствола в проходке.

2. Ледопородное ограждение в пройденной и закреплённой части ствола не испытывает воздействия продольных и поперечных волн при взрыве забоя ствола.

Рассмотрим прохождение волн (импульса давления) по свободной поверхности и их отражение от поверхности раздела между высоко- и низкоскоростными материалами.

На рисунке 3 представлена схема отражение волны от свободной поверхности (а) и отражение от поверхности раздела между породами с различной акустической жёсткостью (б). Случай отражения волн в стволе на рисунке 1 характеризуется случаем (б) предлагаемой схемы. В этом случае прямая взрывная волна со скоростью 4300 м/с в замороженном песке подходит к талому и обводнённому песку со скоростью 850 м/с и полностью отражается в виде импульса растяжения. Для всех типов волн, падающих на границу раздела двух сред, свойства которых сильно различаются, должны выполняться законы сохранения определённых физических величин. Взаимная непроницаемость сред на границе требует, чтобы массовые скорости на контакте были равны.

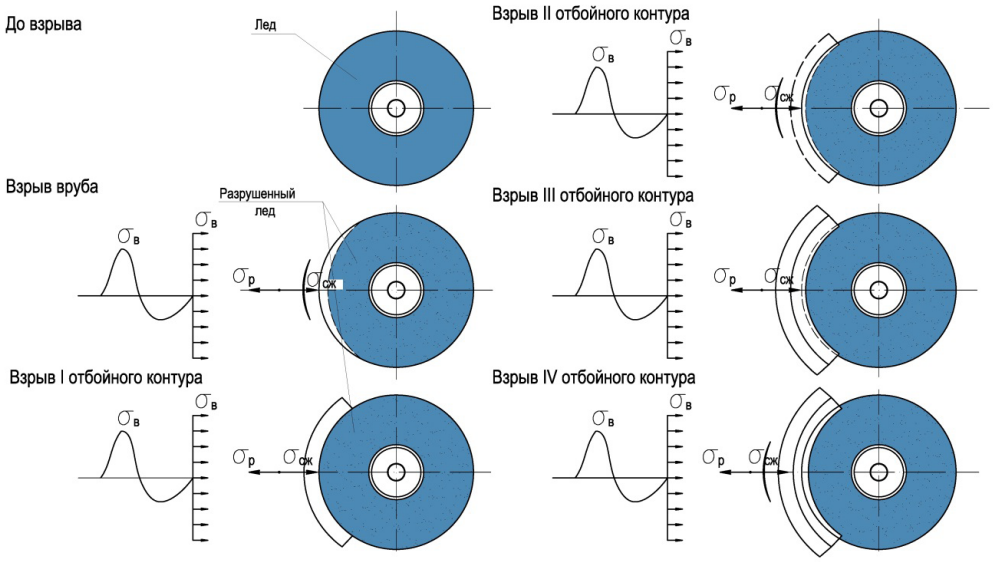


Рис. 3. Дифракционная картина обтекания волной преграды

При подходе импульса к границе раздела рождается новая упругая волна, которая поддерживает нулевое нормальное напряжение. Так как упругие волны в одном случае должны распределяться влево или вправо со скоростью Cl, а импульс, образовавшийся на свободной поверхности и движущийся вправо, не может влиять на напряжения в упругой среде, на поверхности возникает импульс, движущийся влево. Для поддержания нулевого нормального напряжения на границе необходимо, чтобы этот импульс был растягивающим, для обеспечения равенства нулю суммы двух продольных напряжений с амплитудой σ_L. После образования на границе растягивающегося импульса он без изменений распространяется влево, т. к. в среде нет других источников упругих волн. Растягивающий и сжимающий импульсы, движущиеся, соответственно, влево и вправо на протяжении некоторого короткого времени, перекрываются. Так как волны линейны, полное напряжение является суммой напряжений в каждом из импульсов в данный момент времени. Хотя нормальное напряжение на свободной поверхности равно нулю, массовая скорость имеет конечную величину. Массовая скорость в импульсе сжатия в правой части определяется уравнением $\sigma_L = -\rho_0 U_L C_L$. При этом $U_L = \sigma_L / \rho_0 C_L$. Однако в этой части импульс растяжения также создаёт массовую скорость U_L, в результате противоположности знаков как напряжения, так и направления распространения. Полная массовая скорость в течение времени взаимодействия в правой части равна $2U_L$. Этот результат известен как «правило удвоения скорости». Он достаточно точен даже для сильных волн напряжений. Одно время он служил основой метода измерения массовой скорости: часто около свободной поверхности происходит явление называемое отколом, в результате которого верхний слой отрывается от подстилающего. Скорость движения этого слоя приблизительно равна удельной массовой скорости в первичном импульсе сжатия, которая таким образом и рассчитывается простым делением на два измеренной скорости движения отколотого слоя.

В нашем примере отражённая растягивающая скорость C_L = 4300 – 850 = 3450 м/с, что составляет 80 % от сжимающей скорости прямой волны. Амплитуды отражённых волн для 2–6-го рядов, соответственно, имеет значения 0,76; 0,77; 0,74; 0,84; 0,8. В среднем амплитуда составляет 0,78. Таким образом, отражённая скорость составляет 0,8 C_L (сжатия).

По предложенной схеме рассмотрим взаимодействия ударной волны с замораживающими колонками.

Пока ударная волна движется в зоне вдоль границы раздела пород с различной акустической жёсткостью, не встречая препятствий, она создаёт нагрузку на пластичный массив, равную избыточному давлению в проходящей ударной волне. При подходе ударной волны к преграде (замороженному буровому раствору или воде, по диаметру не менее $D_{бур}$ > 230 мм и собственно трубе замораживающей колонки) она отражается, образуя давление отражения $\Delta P_{отр}$, происходит торможение масс, при этом избыточное давление повышается. В результате этого преграда (замораживающая колонка) испытывает удар огромной силы, увеличившейся вследствие давления отражения.

Действие ударной волны на преграду (замораживающую колонку) формирует динамическую нагрузку, которая определяется параметрами ударной волны, формой и размерами преграды. Для того чтобы выявить все особенности действия ударной волны на жёсткую преграду в виде свободной поверхности, представим её сначала в виде жёсткого куба. Процесс взаимодействия ударной волны с жёсткой преградой разделяют на две характерные фазы (два периода):

1. Фаза дифракции (начальный период) – от момента соприкосновения фронта волны с жёсткой преградой до установления сравнительно стабильного процесса обтекания преграды ударной волны.

2. Фаза квазистационарного обтекания (последующий период) – после окончания фазы дифракции до момента окончания действия положительной фазы волны на жёсткую преграду.

В процессе натекания на жёсткую преграду ударная волна – рисунок 4 – сначала действует только на лобовую поверхность, затем также на боковые поверхности, а по мере затекания за преграду – на тыльную поверхность преграды. В момент соприкосновения ударной волны с лобовой поверхностью преграды на ней возникает давление отражения и отражённая ударная волна (2), которая распространяется в обратном направлении. При взаимодействии с боковыми гранями преграды образуется вторичная (3) и дифракционная (4) волны, за фронтом которых формируются волны отражения/разрежения (5). Разница давлений на переднюю и тыльную поверхности приводит к возникновению смещающей силы F, действующей на преграду в направлении действия ударной волны. После соударения волн, обогнувших преграду с боков, на тыльной поверхности преграды может возникнуть большее давление, чем на лобовой. В этом случае смещающая сила F меняет знак [6].

В начальный период на преградах возникают большие давления и большие смещающие силы, однако, время их действия сравнительно мало. В основном, оно определяется размерами преграды.

Давление воздушной ударной волны можно рассчитать по известной формуле

$$\Delta P_{отр} = 2\,\Delta P_ф + 6\,\Delta P_ф / \Delta P_ф + 7P_0,$$

где $\Delta P_ф$ – избыточное давление во фронте ударной волны;

P_0 – атмосферное давление.

Из приведённой формулы следует, что избыточное давление отражения, возникающее при дифракции, увеличивается от 2 до 8 раз. Такие давления преграда (замораживающая колонка) испытывает в первоначальный момент. Вслед за этим ударная вол-

на начинает обтекать преграду, оказывая давления на боковые, а затем на тыльную поверхности. В результате преграда сжимается со всех сторон, но наибольшее давление остаётся на фронтальной плоскости.

Аналогично вышеизложенному процессу дифракции ударных воздушных волн на жёсткую преграду, рассмотрим области действия ударных, отражённых и дифракционных волн на преграду в виде буровой скважины, представляющей свободную поверхность. Качественная картина разрушения грунта в выработанном пространстве буровой скважины при интенсивном воздействии ударной волны представлена на рисунке 4. Как известно [6], граница ударного фронта является поверхностью отражения, за которой скорость волны снижается до обычного значения, соответствующего сейсмической жёсткости породы.

Прямая ударная, дифракционные и отражённые волны формируют вокруг буровой скважины зону отражённых ударных волн, которые на линии центров окружностей буровых скважин образуют эллипсовидные области разрушения пород сдвиговыми напряжениями.

На границе раздела ударной и упругой волн как от свободной поверхности действует сумма массовых скоростей в сжимающем и растягивающем импульсах. Полная массовая скорость в течение времени взаимодействия импульсов равна удвоенной массовой скорости ударной волны (2UL). Этот результат известен как «правило удвоения скорости», при котором около свободной поверхности происходит явление, называемое отколом, в результате которого поверхностный слой отрывается от подстилающего. Скорость движения этого слоя равна приблизительно удвоенной массовой скорости ударной волны.

Концентрация напряжений на контуре скважины – рисунок 4 – определяется характеристиками породного массива, амплитудно – временными параметрами ударной волны и диаметром буровой скважины (размытой или проектных размеров). При действии ударной волны, наиболее напряжёнными являются точки контура области 1 – боковые по отношению движения ударной волны, где, как правило, и начинается разрушение грунта под действием растягивающих отражённых от боковых поверхностей волн. Разрушение породы в области 1 носит сдвиговый характер. В области 1, где порода разрушена сдвигом полностью, резко снижается значение напряжения. Граница зоны разрушения принимает волновую нагрузку на себя, т. е. сама становится несущим контуром, причём с меньшим радиусом кривизны, чем изначально. Это приводит к дальнейшей концентрации напряжений в этом районе и развитию процесса разрушения сдвигом от контура скважины вглубь массива. Кроме того, от областей первоначального разрушения распространяются волны разгрузки, их взаимодействие приводит к возрастанию разрушения в лобовой и, частично, тыльной части скважины. Эти вторичные разрушения под действием отражённой волны, в основном, носят характер отрыва.

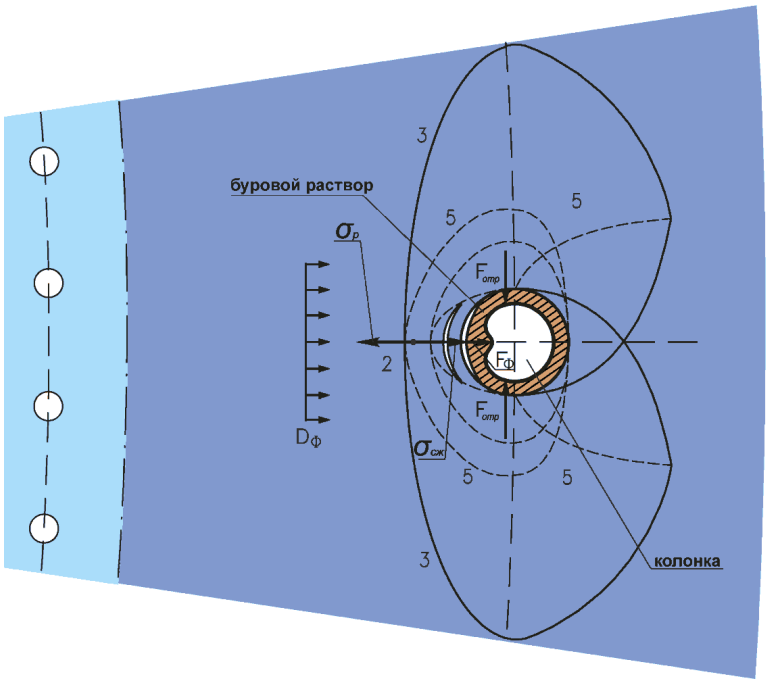


Рис. 4. Схема воздействия ударной волны на замораживающую колонку и процесса потери устойчивости колонки с образованием одной вмятины:

$D_ф$ – ударная волна, 2 – отражённая волна, 3 – вторичная волна, 5 – волна разрежения, $F_ф$ – смещающая сила, $F_{отр}$ – сила, сформированная волной отражения, $\sigma_р$ – растягивающее напряжение на контуре скважины, $\sigma_{сж}$ – сжимающие напряжения на контуре скважины

Размеры областей разрушения зависят от амплитуды массовой скорости в ударной волне. Разрушенный грунт (порода) приобретает импульс, направленный в наименее напряжённую область пространства, т. е. внутрь скважины.

В условиях, когда на скважину действует ударная волна с фронтом, близким к ударному, в окрестности любой точки контура скважины могут развиваться явления откола (область 2), характерные для процесса отражения волны от свободной поверхности или жёсткого упругого тела, каковым для волны является сам фронт ударной волны со скачком уплотнения.

При воздействии на замораживающую колонку ударной волны с высокими параметрами, вызывающей разрушение в околоскважинном пространстве, характер деформирования колонки, её напряжённо деформированное состояние изменяются качественно и количественно. В начале процесса динамического воздействия, пока контур скважины устойчив, колонка по инерции перемещается относительно контура скважины против хода ударной волны, что приводит к обжатию прослойки глинистого раствора во фронтальной части и отрыву замороженного глинистого раствора от замораживающей трубы в тыльной части. При этом труба деформируется с уменьшением диаметра вдоль направления распространения волны, а при распространении волны в поперечном направлении – с увеличением диаметра [3]. Потеря несущей способности контуром скважины неизбежно сопровождается повышением напряжений в колонке. При большом объёме разрушений коэффициент концентрации напряжений на ней приближается к единице.

В приведённых рассуждениях доказано, что замораживающая скважина, в которую помещается замораживающая колонка, должна рассматриваться как неподкреплённое отверстие в породе, т. е. как «свободная поверхность». В таком случае, разрушающее воздействие на замораживающую колонку создаёт фронт ударной волны, сформированный толщинным резонансом динамического поля напряжений вокруг колонки. Ударные волны при взрыве скважинных зарядов формируются лишь при наличии границ раздела двух сред с различными физико-механическими свойствами и различными значениями скоростей продольных акустических волн.

На основании проведённых исследований можно предложить следующие практические рекомендации по совершенствованию технологии проходки ствола в условиях применения способа искусственного замораживания:

– постоянное геоакустическое исследование пород впереди забоя ствола с целью выявления литологической границы пород с различными скоростями прохождения акустических волн;

– применение буровзрывных работ по разрушению замороженных пород в однородных породах;

– в случае наличия впереди забоя ствола горизонтальной границы раздела между замороженными породами, с целью исключения возможного разрушения замораживающих колонок рекомендуется переходить на щадящие методы взрывных работ.

Список литературы

1. Боганик, Г. Н., Гурвич И. И. Сейсморазведка: учебник для вузов. Тверь: АИС, 2006. 744 с.

2. Кузина А. В. Механизм взаимодействия ударной волны с замораживающими колонками, вызывающего потерю устойчивости колонки // ГИАБ. 2007. № 7. С. 71–78.

3. Паланкоев И. М. Обоснование волнового механизма разрушения замораживающих колонок при проходке вертикальных шахтных стволов // Академический журнал Западной Сибири. 2015. № 1 (56). Т. 11. С. 129–132.

4. СП 91.133 30.2012. Подземные горные выработки. М., 2012.

5. Palankoev I. M. Fundamental Research of Wave Phenomenon in Frozen Rock Massif during Shaft Sinking // Journal of Applied Mathematics and Physics. 2015. V. 3. 846–852 p.

6. Palankoev I. M. Particularqualitiesofblastinginshafts, constructedbymethodof groundfreezing // International Workshop on Building Sustainability and Building Security. Prague, 2014. P. 112–118.

КРИОЛОГИЯ

УДК 551.341

Д. М. Шестернёв,
доктор технических наук, профессор,
Институт мерзлотоведения им. П. И. Мельникова СО РАН
Якутск, Россия

Массивы крупнообломочных горных пород как крупнодисперсные грунтовые системы

В статье представлены результаты многолетних исследований формирования массивов крупнообломочных горных пород как крупнодисперсных грунтовых систем в криолитозоне России, обосновано выделение в них литологических структур и петрографических типов, комплексно охарактеризованы зависимости геотехнических свойств в дисперсных грунтовых системах в диапазоне изменения объёмного содержания крупнообломочной составляющей от 0,1 до 0,9 д. ед.

Ключевые слова: *массивы горных пород, крупнодисперсные грунтовые системы, структура, текстура, геотехнические свойства*

D. M. Shesternev,
Doctor of Technical Sciences, Professor,
Melnikov Permaforst Institute SB RAS
Yakutsk, Russia

Coarse rock fragment massifs as coarse soil systems from an engineering prospective

This paper presents the results of long-term studies on the formation of massifs of coarse rock fragments as course soil systems in the Russian permafrost zone. It discusses the classification of coarse rock materials by lithological structure and petrographic type and characterizes the dependence of geotechnical properties in soil systems on the volumetric content of coarse constituents over the range from 0,1 to 0,9.

Keywords: *rocks massifs, course soil systems, texture, structure, geotechnical properties*

В инженерной геологии и геокриологии под грунтами обычно понимают любые горные породы, рассматриваемые как объект инженерной деятельности. В зависимости от типа структурных связей они подразделяются на скальные, полускальные (преобладают кристаллизационные и цементационные структурные связи) и дисперсные (рыхлые) грунты – глинистые, песчаные и крупнообломочные (преобладают молекулярные, электронно-статические, капиллярные структурные связи).

Как объект исследований и использования в практике горные породы представляли интерес, начиная с появления Homo sapiens. Однако как дисперсные грунтовые системы (далее – ДГС) они были рассмотрены лишь в 30-е гг. прошлого столетия. Начиная с этого и по настоящее время, используя достижения фундаментальных наук, в первую очередь химии и физики, учитывая геолого-генетические условия образования, необходимость не только изучать свойства глинистых и песчаных ДГС, но и управлять ими, наблюдается постоянное углубление и расширение исследований физико-геологических, физических и физико-химических процессов, оказывающих определяющее влияние на природу и закономерности изменений состава, строения и свойств ДГС в пространстве и во времени. Наряду с этим, исследованию крупнодисперсных грунтовых систем, в которых содержится значительное количество обломков пород и минералов крупнее 2 мм (дресвы, щебня и глыб), уделялось весьма скромное внимание. Объяснить это можно рядом причин, но основными из них можно считать слабую материально-техническую базу (она и в настоящее время остаётся такой), сравнительно слабую научно-методическую базу и отношение потребителей к этой информации, предпочитающих конструктивные, а не мелиоративные способы решения инженерных проблем как в строительстве, так и в горном деле.

Раздробленные массивы горных пород состоят из веществ, находящихся в трёхфазовых состояниях: твёрдом (Т) – обломки горных пород и минералов; жидком (Ж) – поровые растворы и газообразном (Г) – поровые газы. В зависимости от термодинамических условий (давления P, объёма V и температуры T) могут находиться в различных агрегатных состояниях

(пар, вода, лёд). Каждое из Т, Ж, Г веществ, строго говоря, не обладает однородным химическим составом и физическими свойствами. Однако отдельно взятые они столь существенно отличаются по этим параметрам, что в инженерно-геологическом смысле могут рассматриваться как гомогенные. В грунтовых массивах, в свою очередь, они не существуют отдельно друг от друга. по крайней мере они состоят и Т, и Ж, и Г материальных образований, т. е. из двух или более гомогенных веществ и, следовательно, грунтовые системы относятся к гетерогенным типам. У них, таким образом, существуют, по крайней мере, две фазы с чётко развитыми поверхностями раздела между ними. Под фазой в химии обычно понимают гомогенную область, которую можно отделить механическим путём, В химии такие вещества носят названия дисперсных, в инженерной геологии – дисперсных грунтовых систем. В дисперсных системах в химии и в инженерной геологии одну из фаз рассматривают как дисперсную среду, вторую – как дисперсную фазу. В тонкодисперсных (глинистые грунты) и грубодисперсных (песчаные грунты) грунтовых системах (соответственно, ТДГС и ГДГС) вода и поровые растворы являются непрерывной фазой (дисперсной средой), раздробленные элементы горных пород и минералов – дисперсной фазой. В естественных условиях эти фазы должны быть взаимно нерастворимыми. Следовательно, наряду с гетерогенностью второй весьма важной характеристикой дисперсных грунтовых систем является дисперсность.

Дисперсность веществ определяется размером частиц по той оси, по которой произошло их дробление. Количественной характеристикой дисперсности является степень дисперсности D – величина, обратная значению диаметра частиц d (см): $D = 1/d$ (см$^{-1}$).

По степени раздробленности вещественные системы в химии подразделяются на грубодисперсные, предельно-грубодисперсные, молекулярные и ионные. В структурном отношении, если дисперсные частицы кинетически независимы друг от друга, то дисперсные системы относятся к свободнодисперсным, если контактируют, то к связнодисперсным системам. В этом случае в дисперсной среде частицы дисперсной фазы, контактируя друг с другом, образуют относительно жёсткий каркас. Жёсткость каркаса, при прочих равных условиях, зависит от формы и окатанности частиц. Чаще всего их формы бывают кубовидными (шарообразными), брусовидными (цилиндровидными), плитновидными (элипсовидными).

Важной характеристикой дисперсных грунтовых систем является удельная поверхность дисперсных частиц $S_{уд}$, определяемая как отношение площади поверхности раздела между двумя фазами $S_{1,2}$, к объёму частицы V_{rm}: $S_{уд} = S_{1,2} / V_{rm}$. Следовательно, $S_{уд}$ монодисперсной системы с одинаковой формой дисперсных частиц можно определить, зная размеры отдельно взятой дисперсной частицы.

Из определения степени дисперсности следует, что $S_{уд}$ дисперсных систем обратно пропорционально размеру дисперсных частиц и прямо пропорционально степени дисперсности. Увеличение последней приводит к изменению многих свойств дисперсных систем, что в самом общем виде объясняется увеличением удельной активной поверхностной энергии G_s, величина которой пропорциональна $S_{уд}$ и зависит от величины поверхностного натяжения σ (Н/м): $Q_s = \sigma \cdot S_{уд}$.

С учётом агрегатного состояния непрерывной и прерывистой фаз, дисперсные системы могут быть твёрдыми гетерогенными (Т/Т), капиллярными (Т/Ж), пористыми (Т/Г) и т. п. При этом свободнодисперсные системы подразделяются на ультра микрогетерогенными (коллоидные): $d = 10^{-7} \div 10^{-5}$; микрогетерогенные (суспензии, эмульсии, пены, порошки): $d = 10^{-5} \div 10^{-3}$ и грубодисперсные (песок, щебень и др.): $d > 10^{-3}$ (см). Связнодисперсные системы рассматриваются в инженерной геологии и горном деле как пористые тела (микропористые: $d < 2$; переходнопористые: $200 > d > 2$; макропористые: d 2 (нм)).

Таким образом, следует отметить, что основные понятия и их содержание, используемые для характеристики дисперсных систем в химии, с учётом специфики условий образования и существования применимы для характеристики дисперсных грунтов, включая и крупнообломочные грунты, которые относятся к крупнодисперсным грунтовым системам КДГС. По нашим данным, площадь их распространения на территории криолитозоны в России достигает 70 %, что представлено в таблице 1.

Таблица 1

Распространение крупнообломочных пород в пределах криолитозоны СНГ

№ п/п	Наименование тектонических структур	$S_{тс}$, км^2 / %	$S_{вп}$, км^2/%			
			> 2000	2000–1000	1000–500	500–200
1	Выступы кристаллического фундамента докембрийских платформ	637 262 / 6,1	12 111 / 1,9	309 811 / 48,6	247 984 / 38,9	34 417 / 5,4
2	Осадочный чехол древних докембрийских платформ	2 649 165 / 25,4	–	103 364 / 3,9	702 138 / 26,5	1 401 627 / 52,9

3	Области байкальской и раннекаледонской складчатости	1 501 915 / 14,4	6 136 598 / 9,1	594 522 / 39,6	526 967 / 35,1	155 571 / 7,7
4	Области каледонской складчатости	264 215 / 2,5	130 811 / 49,5	89 315 / 33,8	22 993 / 8,7	–
5	Области герцинской складчатости	1 036 112 / 10,0	278 641 / 26,9	249 603 / 24,1	292 084 / 28,2	115 953 / 6,3
6	Осадочный чехол в областях докайнозойской складчатости	1 985 646 / 19,6	–	–	–	124 203 / 6,3
7	Области мезозойской складчатости	2 119 083 / 20,3	67 824 / 3,2	515 087 / 24,3	661 354 / 31,2	296 722 / 14,0
8	Области кайнозойской складчатости в настоящее время	235 703 / 2,3	75 213 / 31,9	45 972 / 19,5	29 232 / 12,4	24 047 / 10,2
Итого площадь криолитозоны и территории тектонических структур, занятых крупнообломочными породами		10 429 101 / 100	701 198 / 6,7	1 910 674 / 18,3	2 482 752 / 23,8	2 112 540 / 20,3
Примечание: $S_{тс}$ – площадь тектонических структур в пределах криолитозоны; $S_{вп}$ – распространение крупнообломочных пород с учётом высотной поясности АВ (м) в пределах тектонических структур						

Инженерно-геологические исследования для решения горнотехнических задач предусматривают изучение мощности, дисперсного состава, структуры, текстуры (строения) и свойств массивов крупнообломочных грунтов месторождений полезных ископаемых. Мощность и дисперсность КДГС увеличиваются в криолитозоне с Севера на Юг и с более высоких геоморфологических уровней на более низкие, что отражено на рисунке 1. Несомненно, это вызывает направленное изменение в формировании строения и свойств КДГС.

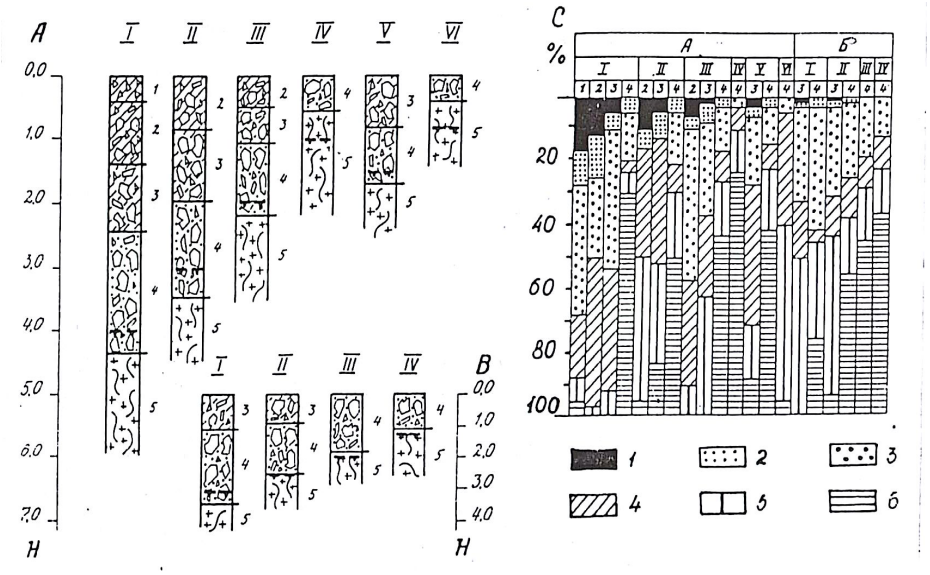


Рис. 1. Влияние широтной зональности (А) и высотной поясности (В) на литологическое строение, мощность (Н,м) и дисперсный состав (С) КДГС криолитозоны месторождений полезных ископаемых:

А: I – 50º СШ (Шерловогорский ГОК), II – 530° СШ (Озёрный ГОК), III – 55º СШ (г. Тында), IV – 57º СШ (Кодарский хр., Апсатское месторождение угля), V – 59º СШ (Сухоложский ГОК), VI – 69º СШ (Горы Северо-Востока Сибири);

В: I – АВ > 2000 м (Коларский хр.), II – АВ = 1400–1600 м (Удоканский хр., участок Западный), III – АВ = 1100–1200 м (участок «Ингамакит»), IV – АВ = 7000–800 м (участок «Эмегача»);

С: графическое изображение гранулометрического состава: диаметр фракций, мм: 1 – глинистые (< 0,005), 2 – пылеватые (0,005–0,05), 3 – песчаные (0,05–2,0), 4 – дресвяные (2,0–10,0), 5 – щебенистые (10,0–200,0), 6 – глыбовые (> 200)

В настоящее время практически все естественные науки, включая инженерную геологию, геокриологию, изучают структуру и текстуру объектов исследований. Ещё в 1943 г. В. А. Приклонский писал: «...Под структурой несцементированных грунтов мы будем понимать величину, форму, характер поверхности, взаимное расположение частиц или их агрегатов, а также характер внутренних связей между ними» [9]. Это определение нашло своё развитие в ряде исследований [7; 8; 11–14].

Наряду с этим известно и то, что «смешивать или объединять понятие о структуре и структурных связях неправильно и вообще недопустимо» [6, с. 308]. Столь резкое высказывание не совсем справедливо, ибо противоречит закону неразрывного единства связи между структурными элементами [15].

С понятием «структура грунта» в инженерной геологии широко распространён термин «текстура грунта», под которой понимают пространственное распределение его структурных элементов [10; 11; 14]. В связи с неопределённостью терминов «структура» и «текстура» было предложено вместо них использовать термин «строение грунта» [18] или «структурно-текстурные особенности грунтов» [13]. В последние годы рекомендуется отказаться от термина «текстура» вследствие неоднозначности его толкования, введя признак классифицирования текстур «пространственное распределение компонентов грунта» в содержание термина «структура грунта». В итоге, в его трактовке под структурой грунта следует понимать пространственную организацию вещества грунта, характеризующуюся совокупностью геометрических, морфометрических и энергетических признаков и определяющуюся составом, количественным соотношением и взаимодействием компонентов грунта [7; 8]. На наш взгляд, попытка отказаться от термина «текстура грунта», аргументированная существованием классификаций, в которых текстуры выделяются по структурным признакам и наоборот, не совсем верна. В данном случае критике должны быть подвергнуты эти классификации и их авторы, не сумевшие разглядеть различия между видовой организацией вещества (текстурой) и внутренним её содержанием (структурой).

Фундаментальное определение термина «структура грунта» [8] не требует дополнительного определения термина «структура КДГС». По размеру, в КДГС содержатся три группы структурных элементов, в которых объединены макроструктуры (d = 1000 ÷ 2, мм), мезоструктуры (d = 2 ÷ 0,002, мм) и микроструктуры (d = 0,002 мм) [13]. Но характеристика структурообразующих элементов грунтов это ещё не характеристика их структуры, поскольку элементы структуры (в данном случае – крупнообломочные частицы КОФ) образуют грунты лишь в том случае, когда возникает система отношений между ними, т. е. при наличии структурных связей.

В геологической и инженерно-геологической литературе текстуре, как и структуре пород, уделяется большое внимание [6; 13; 16]. Однако в этих работах при выделении текстур не акцентируется внимания на то, что одна и та же текстура в различных плоскостях декартовых координат может иметь различный вид. Возможно, это и является одной из причин путаницы в подходе к выделению структур и текстур. Например, по рисунку 2 при изучении строения пород в плоскости ZOX, можно говорить о наличии слоисто-волнистой текстуры, в плоскости ZOE – горизонтально-слоистой.

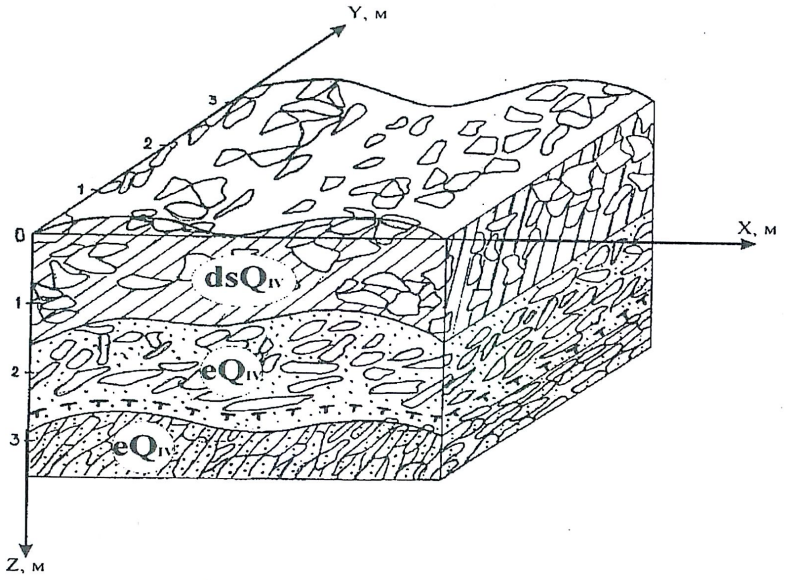


Рис. 2. Блок-схема строения КДГС делювиально-солифлюкционного (dsQIV) и элювиального (eQIV) на территории Якокитского месторождения угля в Южной Якутии

На мезоуровне эти текстуры уже не просматриваются, но в каждом из генетических типов пород выделятся текстуры, характерные уже только им. В породах элювиального генезиса в плоскости ZOX обращают на себя внимание линейные наклонно-ориентированные текстуры, но в плоскости ZOY они выглядят уже линейными и горизонтально ориентированными. Следовательно, название вида текстуры грунта в отличие от структур зависит не только от литолого-генетических и постдиагенетических процессов, но и от координат пространства с учётом уровней исследований.

Известно, что основой инженерно-геологических исследований грунтов является классифицирование их по гранулометрическому составу и строению – структурам и текстурам. Унифицированность этих процедур обеспечивает сопоставимость результатов исследований свойств грунтов. В этом смысле при изучении КДГС имеются определённые трудности. Вызваны они тем, что до настоящего времени нет единой общепринятой классификации гранулометрического состава КДГС, несмотря на то, что их количество продолжает расти. На наш взгляд, это объясняется относительно слабой изученностью рассматриваемого объекта исследований. Кроме того, наличие большого количества классификаций обусловлено ещё и отсутствием общепринятого содержания термина «крупнообломочные грунты или КДГС», которое бы строго обозначило границы объекта исследований. Многие считают, что крупнообломочные грунты – это грунты, которые состоят в основном из обломков горных пород диаметром более 2 мм [13; 22]. Это определение известно и в следующей трактовке: «...Крупнообломочными (или грубообломочными) называют обломочные породы, содержащие более 25 % (по весу или объёму) обломков, величина которых по длинной оси превышает 1 мм (по другим классификациям – 2 мм, иногда – 5 мм) [16, с. 97]. Размытость в определении основного классификационного признака в определении рассматриваемого термина присутствует и в других работах [3].

В результате изучения геотехнических свойств КДГС установлено, что при увеличении в них содержания КОЧ от 0 до 10 % они изменяются так незначительно, что в инженерно-геологическом смысле ими можно пренебречь. При дальнейшем увеличении содержания КОЧ темп изменения свойств КДГС проявляться весьма интенсивно. Поэтому было предложено крупнообломочными грунтами называть грунты, в составе которых по массе КОФ содержится более 10 % [5; 19; 20]. Дальнейшие экспериментальные исследования показали, что данное определение служит причиной неоднозначности выделения границ типов КДГС, по изменению содержания КОФ, поскольку один и тот же объём КОФ в КДГС может иметь различную массу. Даже при небольшом разбросе плотности обломков КОФ и при равном их объёмном содержании (по классификации [22]) КДГС могут принадлежать к различным литолого-петрографическим типам, а это противоречит однозначности, которая должна иметь место при классифицировании дисперсных грунтов [2]. Такая однозначность, на наш взгляд, может быть достигнута лишь в том случае, если за основу выделения типов КДГС принять принцип установления характерных границ изменений свойств КДГС при изменении КОФ не по массе, а по объёму. Аналогичный вывод был приведён ранее [20], но развития не нашёл.

Анализируя зависимости изменения свойств КДГС от изменения содержания КОФ нетрудно заметить, что характерными областями увеличения и уменьшения значений исследуемых параметров соответствуют точки, в которых содержание КОФ равно 0,1; 0,34 0,5; 0,7 и 0,9, что отражено на рисунке 3.

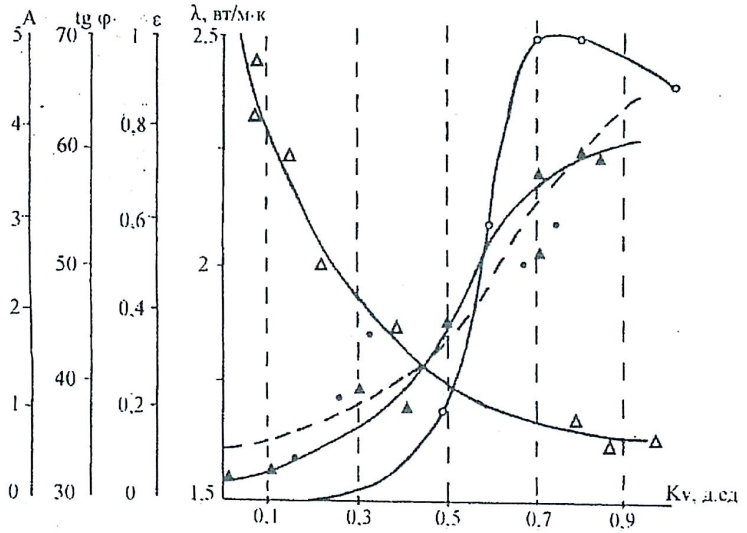


Рис. 3. Зависимость физико-механических свойств КДГС от объёмного содержания крупнодисперсной составляющей в объёме массива грунта (Kv):

1, 2, 3, 4 – соответственно, изменение коэффициента теплопроводности мёрзлых грунтов λ, коэффициента влияния на величину поперечной теплопроводности ε, угла внутреннего трения tgφ, коэффициентов оттаивания мёрзлых грунтов A

Кроме того, по соотношению дисперсной фазы (крупнообломочной составляющей: дресва, щебень, глыбы) и мелкодисперсной составляющей (пески, супеси, суглинки и глины) и с учётом различия природы энергетических признаков структурных связей и их сочетания, на наш взгляд, всё разнообразие структур КДГС принципиально можно разделить на два класса: 1) класс КДГС с простыми типами структур (механические связи, КОФ > 90 %); 2) класс КДГС со сложными типами структур (несколько типов структурных связей, 90 % > КОФ > 10 %).

В этом случае типы структур выделяются с учётом наличия необходимых условий для образования КОФ жёсткого каркаса в КДГС. Таким образом, бескаркасные типы структур характерны для свободнодисперсных КДГС, у которых КОФ < 50 %, а каркасные типы – для связнодисперсных КДГС, у них КОФ > 50 %. Дальнейшее выделение структур можно осуществить исходя из пространственной организации КОФ, содержания песчаной или глинистой составляющих пород, размера и характера поверхности структурообразующих элементов (виды) и их формы (разновидности).

Перечисленное выше позволяет утверждать, что под крупнообломочными дисперсными грунтовыми системами следует понимать такие, в которых объёмное содержание КОФ превышает 10 %.

Систематизация структур КДГС позволяет осуществлять моделирование массивов нарушенного сложения КДГС в лабораторных условиях, целенаправленно изучать их влияние на геотехнические свойства КДГС, что упрощает их верификацию в сравнение с натурными исследованиями и результатами, полученными при использовании математического моделирования. Кроме того, следует отметить, что многие из охарактеризованных выше положений, можно рассматривать как дискуссионные. Однако даже в таком виде они позволили разработать научно-методические основы экспериментальных исследований геотехнических свойств крупнодисперсных грунтовых систем криолитозоны, накопить сопоставимые массивы данных по отдельным регионам и выполнить анализ их изменений в пространстве и во времени в целом для криолитозоны России [25].

Список литературы

1. Авакян Л. А. Вопросы методики исследований физико-технических свойств крупнообломочных грунтов на основе опыта ТНИСГЗИ // Труды совещания по инженерно-геологическим свойствам горных пород и методам изучения. М.: АН СССР, 1957. С. 245–249.

2. Бондарик Г. К. Общая теория инженерной (физической) геологии. М.: Недра, 1981. 236 с.

3. ГОСТ 25100-95. Грунты. Классификация. М.: Изд-во стандартов, 1996.

4. Капранов В. Е., Перльштейн Г. З. Методика оценки поперечной теплопроводности пород // Геотеплофизические исследования в Сибири. Новосибирск: Наука, I978. С. 82–89.

5. Ларионов А. К. Инженерно-геологическое изучение структуры рыхлых осадочных пород (структура грунта). М.: Недра, 1966.

6. Ломтадзе В. Д. Инженерная петрология. Л.: Недра, 1984.

7. Осипов В. И. Природа прочностных и деформационных свойств глинистых пород. М.: Изд-во МГУ, 1979.

8. Осипов В. И. Понятие «структура грунта» в инженерной геологии // Инженерная геология. 1985. № 3. С. 4–18.

9. Приклонский В. А. Общее грунтоведение. М.; Л: Госгеолтздат, 1943.

10. Приклонский В. А. Грунтоведение. Т. I. М.: Госгеолтехиздат, 1955.

11. Сергеев Е. М. Грунтоведение. М.: Изд-во МГУ, 1959.

12. Сергеев Е. М. Введение // Методическое пособие по инженерно-геологическому изучению горных пород. Т. I. М.: Изд-во МГУ, 1968. С. 5–11.

13. Сергеев Е. М. Инженерная геология. М.: Изд-во МГУ, 1978.

14. Сергеев Е. М. Грунтоведение. М.: Изд-во МГУ, 1973.

15. Свидерский В. И., Зобов Р. А. Новые философские аспекты элементно-структурных отношений. Л.: Изд-во ЛГУ, 1970.

16. Справочник по литологии / под ред. Н. Б. Воссоевича. М.: Недра, 1983.

17. Толстых Е. А., Филимонов С. Д. Определение гранулометрического состава // Методическое пособие по инженерно-геологическому изучению горных пород. М.: Недра, 1984. С. 231–240.

18. Фадеев П. И. Методические рекомендации по изучению и использованию гранулометрии песчаных пород в инженерно-геологических целях. М.: Изд-во МГУ, 1974.

19. Цытович Н. А., Кроник Я. А. Физические и механические свойства мёрзлых и оттаивающих крупнообломочных грунтов // II Международная конференция по мерзлотоведению: докл. и сообщ. Якутск, 1973. Вып. 4. С. 52–62.

20. Шеко А. И. Методика определения показателей инженерно-геологических свойств щебнисто-глинистых пород (на примере Южного берега Крыма) // Труды совещания по инженерно-геологическим свойствам горных пород и методам их изучения. М.: АН СССР, 1956. Т. I. С. 259–273.

21. Шеко А. И. Классификация щебенисто-глинистых пород по гранулометрическому составу (на примере пород Южного берега Крыма) // Труды совещания по инженерно-геологическим свойствам горных пород и методам их изучения. М.: Изд-во МГУ, 1957. Т. II. С. 86–99.

22. Шеко А. И. Структурно-текстурные особенности крупнообломочных пород // Методическое пособие по инженерно-геологическому изучению горных пород. М.: Изд-во МГУ, 1968. Т. I. С. 323–342.

23. Шестернёв Д. М. К вопросу о гранулометрическом составе крупнообломочных пород // Инженерно-геологические проблемы Забайкалья. М.: Наука, 1993. С. 52–63.

24. Шестернёв Д. М. Криогипергенез крупнообломочных и скальных пород криолитозоны. Якутск: Ин-т мерзлотоведения СО РАН, 1997.

25. Шестернёв Д. М. Криогипергенез и геотехнические свойства пород криолитозоны. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. 266 с.

ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК 502/504

Е. Н. Кузьминых,
ООО «Возрождение»,
г. Выборг, Россия

Рациональное природопользование на примере отдельных объектов добычи декоративно-облицовочного камня Северо-Западного региона

Статья отражает преимущества натурального камня для различного применения, основные разновидности и свойства горных пород, используемых для строительства. Выполнен обзор сырьевой базы Северо-Западного региона, методов улучшения добычи блочного камня, экологического аспекта камнедобывающей промышленности. Приведены примеры рационального использования минеральных ресурсов в регионе. Особое внимание уделено позитивному опыту и перспективам создания горных парков.

Ключевые слова: *натуральный камень, декоративные свойства, физико-механические свойства, Северо-Западный регион, области применения, методы производства, управление отходами, горно-геологические объекты, горный парк Рускеала*

E. N. Kuz'minykh,
Vozrojdenie Limited,
Vyborg, Russia

Environmental management on the example of individual objects of ornamental stones mining in North-West region.

The article reflects the advantages of natural stone for various applications , basic types and properties of rocks used for construction. A review of the resource base of the North-West region. improving methods of extraction of block stone, the environmental aspect of the mining industry, are examples of rational use of mineral resources in the region. Special a ttention is paid to the positive experience and prospects of creation of mountain parks.

Keywords: *Natural stone, decorative properties, mechanical properties, the North-West region, areas of use, production methods, waste management, mining and geological objects, the mountain park Ruskeala*

На планете Земля есть множество мест, которые манят к себе своим каменным величием и очарованием, а иногда и загадкой происхождения. Прикоснуться к вековым тайнам и лицезреть неповторимые архитектурные ансамбли в виде древних городищ, святилищ, мавзолеев, храмов и гигантских статуй, возведённых с применением натурального камня, можно во многих её уголках.

Пришедшим из веков свидетельствам архитектурного мастерства мы обязаны природному камню, обладающему уникальными физико-механическими и декоративными свойствами. Люди, жившие за тысячи лет до нас, порой создавали просто поражающие воображение каменные строения, настолько масштабные, что учёные столетиями ломают головы над тем, кем и для чего, а главное, как они были воздвигнуты. Высказываются самые разные теории, вплоть до неземных и мистических. Достаточно посмотреть даже на фотографии сооружений различных эпох и народов на рисунках 1–4, чтобы понять и возможную грандиозность размеров каменных монолитов, и их вековую незыблемость, и безграничность человеческих возможностей при использовании камня.

Почти во все великие эпохи архитектуры камень как основной строительный материал определял и конструктивные системы, и формы зданий, и их эстетический облик. Он и теперь не потерял своей актуальности.

С развитием цивилизации камень оживает и требует углубления знаний о нём. «Камень – не предмет роскоши, тщеславия или богатства, камень – практически выгодный материал, исключительный по своей прочности, неизменяемости, неувядающей окраске», – такая исчерпывающая характеристика этого уникального минерального сырья была дана академиком А. Е. Ферсманом в его очерках.

Мировая практика свидетельствует о том, что область применения природного камня в строительстве весьма разнообразна. Он используется для производства тонких облицовочных плиток и для крупных стеновых и фундаментных блоков, для изящной декора-

тивной резьбы и для грубой брусчатки мостовых, для монументов, малых архитектурных форм и в благоустройстве. Использование природного камня обеспечивает сооружениям значительную долговечность, а, следовательно, и экономичность в эксплуатации.

Обладая красивыми сочными расцветками, не теряющими свежести в течение многих десятилетий, природные каменные материалы в большей степени, чем какие-либо другие облицовочные изделия, отвечают современным эстетическим требованиям к оформлению интерьеров и фасадов зданий. Камень в указанных областях не имеет конкуренции со стороны искусственных материалов.

В природе существует три основных вида горных пород, используемых человечеством в качесиве декоративно-облицовочных, которые классифицируются в зависимости от их происхождения на: 1) магматические; 2) осадочные; 3) метаморфические.

Рис. 1. Стоунхендж. Англия (фото с сайта *Freesally / pixabay.com)*

Рис. 2. Замок Святого Ангела. Рим. Италия (фото автора)

Рис. 3. Статуи острова Пасхи (фото с сайта *Amy Nichole Harris / shutterstock.com*)

Рис. 4. Гранитные атланты работы скульптора А. И. Теребенёва. Портик Нового Эрмитажа. Санкт-Петербург (фото автора)

Именно происхождение определяет минеральный состав, структуру и текстуру горной породы, которые, в свою очередь, являются главными критериями декоративности. Магматические породы наиболее прочные, такие как гранит, габбро, диорит, сиенит, обладают разнообразной окраской, их поверхность принимает любую фактурную обработку, причём, в зависимости от степени тонкости обработки меняется насыщенность цвета и выявляется или скрывается рисунок камня.

Область применения интрузивных пород практически не ограничена. В отличие от глубинных, в излившихся породах кристаллы слабо сформированы или очень мелкие и не всегда различимы глазом. Поэтому излившиеся породы не обладают выраженным рисунком, менее декоративны. Среди них можно выделить два типа: 1) лёгкие малопрочные породы типа туфов; 2) высокопрочные тяжёлые породы, к которым относятся базальты, андезиты, порфириты.

Вулканические туфы обладают разнообразной цветовой гаммой светлых и тёмных тонов, но не поддаются тонкой обработке и полировке, поэтому изделия из туфов имеют мягкий, приглушённый цвет и пористую текстуру. Вкрапления кусков и обломков лавы, крупные каверны часто придают им своеобразную живописность. Туфы широко применяются для кладки и облицовки стен.

Второй тип вулканических пород объединяет наиболее прочные породы, не обладающие особыми де-

коративными качествами, например, базальты, андезиты. Они имеют окраску от тёмно-серой до чёрной. По своим скромным декоративным качествам и высокой прочности эти породы наиболее подходят для производства дорожного камня и ритуальных изделий.

Вторая по происхождению группа горных пород – осадочные. Цветовая гамма их обычно светлая, пастельных тонов. Только некоторые разновидности песчаников, брекчий и конгломератов обладают насыщенными яркими цветами. Осадочные породы обладают различными физико-механическими свойствами, однако, уступают интрузивным по прочностным показателям и имеют менее широкий круг областей применения.

Третья группа горных пород – метаморфические. Они получаются из осадочных и изверженных пород путём их изменений в земных недрах под влиянием высокого давления, повышенной температуры и химически активных веществ. Основными представителями этой группы пород являются мраморы, образовавшиеся из известняков, и кварциты, образовавшиеся из песчаников. Это породы более прочные, чем те, из которых они образовались. Большинство из них имеет кристаллическую структуру. Многие породы метаморфического происхождения обладают разнообразной и насыщенной цветовой гаммой, поддаются тонкой обработке, выявляющей рисунок камня, что обусловливает их высокую декоративность. Метаморфические породы используется, в основном, как яркий и неповторимый по расцветке облицовочный материал.

В конце прошлого столетия наметился бум в области добычи и обработки природного камня. Потребление природных каменных материалов во всём мире возрастает ежегодно на 7–8 %. Обработка камня сконцентрирована при этом в пяти ведущих странах (Китай, Италия, Испания, Индия и Португалия), на долю которых приходится более 2/3 мирового производства.

Анализируя опыт работы стран, добившихся успеха в развитии собственной промышленности по производству облицовочного камня, можно выделить самую главную его составляющую – сырьевую базу природного камня, пригодного для изготовления блоков.

Один из районов с богатейшими ресурсами природного облицовочного камня и достаточно развитой камнедобычей – Северо-Западный регион России, где на территории Карельского перешейка Ленинградской области, Республики Карелия и Мурманской области насчитывается около 200 перспективных проявлений облицовочного камня с запасами и прогнозными ресурсами около 0,5 млрд м^3.

По распространению и практической значимости в минерально-сырьевой базе декоративно-облицовочного камня региона интрузивные породы занимают ведущее место. Большая часть интрузий представлена кислыми (граниты, гранодиориты граносиениты), основными (габбронориты, габбродиабазы и др.), щелочными (сиениты, хибиниты) и ультраосновными породами (перидотиты, пироксениты и др.).

Гранитные породы отличаются высокой прочностью, характеризуются слабой истираемостью, высоким сопротивлением удару и низким водопоглощением. На многих месторождениях облицовочных гранитов имеется возможность добывать уникальные монолиты для монументального строительства, как на карьере «Балтийский», представленном на рисунке 5.

Рис. 5. Заготовка из граносиенита, добытая на карьере «Балтийский». Выборгский район Ленинградской области (фото автора)

За гранитами по общему объёму применения следуют габброиды, представляющие собой, чаще всего, равномернозернистые кристаллические породы, состоящие, в основном, из плагиоклаза и пироксена. Габброиды имеют чёрный и зелено-чёрный цвет в полированной фактуре. Природная трещиноватость габброидных массивов значительно выше, по сравнению с гранитоидными – рисунок 6. Большая часть этих пород, добывается в Южной Карелии и используется в ритуальных целях.

Рис. 6. Стенка карьера Другорецкого месторождения габбродиабазов. Южная Карелия (фото автора)

Из добываемых ультраосновных пород интерес в качестве облицовочного камня представляют на сегодняшний день пироксениты, из метаморфических пород – шокшинские малиновые кварциты и уникальные по рисунку гранатовые амфиболиты Северной Карелии – рисунок 7.

Рис. 7. Монолит гранатового амфиболита в карьере месторождения «Нигрозеро». Северная Карелия (фото автора)

Способы добычи натурального камня на протяжении всей истории человечества существенно не изменялись. Менялись лишь инструменты, которые люди использовали для извлечения камня из недр и его дальнейшей транспортировки. С древнейших времён и до настоящего момента данное полезное ископаемое добывают, в основном, открытым способом – карьерами. В доиндустриальную эпоху использовался простой, если не сказать примитивный инструмент: кирки, заступы (лопаты), носилки. С развитием науки и знаний об окружающем мире стали применять взрывчатые вещества: порох и нитроглицерин. Сегодня для добычи натурального камня активно эксплуатируют высокотехнологичное оборудование: строчные буровые станки,

дисковые и канатные установки. Добыча ведётся различными механизированными методами, не нарушающими структуру породы. Выбор конкретного метода добычи зависит, главным образом, от твёрдости и уровня природной трещиноватости разрабатываемой породы.

Средние и мягкие породы добывают в карьерах с помощью камнерезных машин, снабжённых твердосплавными дисковыми, цепными или канатными пилами. Для вырезки блоков из пород средней твёрдости могут применяться дисковые и цепные пилы, снабжённые алмазными режущими насадками. В случае если необходимо добыть блок камня большого размера (2–10 м^3), используют установки канатного пиления. Режущим инструментом в таком случае служит стальной канат диаметром 4–6 мм. В последние годы получили распространение канатные пилы с армированным режущим органом: на многожильный канат насажены «алмазные» втулки; благодаря большой скорости движения каната такая установка имеет высокую производительность.

Твёрдые породы обычно разрабатывают буровзрывным способом или алмазными канатами, отделяя сначала крупный монолит. Затем монолит делят на блоки, из которых далее получают требуемые изделия.

Высокие темпы роста объёмов добычи и обработки природного камня во многом связаны с совершенствованием техники и технологий, применяемых в каменном бизнесе. В современной добыче природного камня, прежде всего, стоит выделить широкое применение алмазного каната и установок строчного бурения – рисунок 8.

Рис. 8. Применение установки строчного бурения на карьере «Балтийский» (фото автора)

Ежегодные нововведения за короткий срок преобразили камнедобычу и камнеобработку и способствовали повышению качества и конкурентоспособности изделий из природного камня. Всё это, наряду со всё возрастающими требованиями покупателей к эстетическим и техническим характеристикам строительных материалов, способствует активному товарообмену и вовлечению в мировую торговлю практически всех стран, добывающих и обрабатывающих природный камень.

Для Северо-Западного региона облицовочный камень в настоящее время является одним из наиболее привлекательных видов полезных ископаемых.

Вместе с тем, проблемы состояния окружающей среды становятся всё более важными, в том числе и для камнедобывающей отрасли. Основные требования, предъявляемые к отрасли, включают в себя исключение воздействия производства на окружающую среду, использование отходов камня, оценку жизненного цикла и т. д.

В 1999–2002 гг. в Финляндии, где камнедобывающая отрасль динамично развивается, в рамках проекта Environmentalimpact during the life cycle of Finnishnatural stone production. The Finnish environment (Ministry of the Environment, 2003 г.) были проведены междисциплинарные исследования по оценке характера влияния камнедобывающей промышленности на окружающую среду. Результаты исследований показали, что воздействие на окружающую среду блочных карьеров минимально, и зона влияния ограничивается, главным образом, фактической площадью и временем их отработки. В связи с этим, дальнейшие исследования были сфокусированы на повышении выхода готовой продукции из горной массы и рациональном размещении отходов, которые могут оказать негативное влияние на окружающую среду. Возможности использования отходов производства при добыче камня в Финляндии интенсивно изучаются в различных направлениях: строительство портов, укрепление берегов и т. п.

Тема отходов блочного производства, отвалы которых значительно изменяют ландшафты, актуальна и для Северо-Западного региона. Несмотря на совершенствование технологических способов добычи камня, позволяющее увеличивать выход кондиционных блоков от добытой горной массы, объём каменных отходов продолжает оставаться довольно значительным. На гранитных карьерах отходы составляют 60–85 %, на мраморных – 75–78 % от добываемой горной массы, что определяется не столько несовершенством способов добычи блоков, сколько естественной трещиноватостью месторождений декоративно-облицовочного камня и его физико-механическими свойствами – рисунок 9.

Рис. 9. Отвал окола. Месторождение граносиенитов «Балтийское». Выборгский район Ленинградской области (фото автора)

Объём отходов от переработки (распиловки) блочного камня на камнеобрабатывающих заводах составляет 50–65 % от массы блоков, а величина отходов, образующихся при окантовке и полировании плит, достигает 10–20 % от их выпуска.

В настоящее время правомерно ставить вопросы как о совершенствовании методов геологической оценки выхода товарных блоков перед вовлечением месторождений в эксплуатацию [3], так и о разработке технологических схем безотходного производства на карьерах облицовочного камня с полной утилизацией каменной массы. Это отвечало бы принципам экономного расходования невозобновляемых ресурсов и охраны окружающей среды. Вместе с тем, на сегодняшний день технические вопросы полной утилизации каменных отходов наиболее глубоко разработаны применительно к горным породам средней твёрдости (мрамору, доломиту, травертину), в отношении же гранита, габбро-диабаза и других твёрдых пород вопросы создания безотходных производств находятся в самой начальной стадии разработки [5].

Отдельные примеры практически безотходного производства по добыче блоков на гранитных карьерах существуют – рисунок 10.

Рис. 10. Переработка на щебень отходов блочного производства в карьере месторождения «Возрождение». Выборгский район Ленинградской области (фото автора)

Высокомеханизированная переработка отходов на гранитных и мраморных карьерах способствует увеличению дополнительной товарной продукции, повышению уровня их рентабельности, экономии капиталовложений на добычу каменного сырья. Кроме того, комплексное использование добываемой горной массы позволяло бы вовлекать в хозяйственный оборот месторождения декоративного камня с низким процентом выхода блоков (8–10 %), т. к. уровень рентабельности на таких месторождениях можно повысить за счёт

дополнительной товарной продукции, получаемой на базе переработки отходов. Однако утилизация отходов экономически эффективна только в том случае, если необходимые на это капиталовложения ограничиваются суммами, идущими именно на сооружение дробильно-сортировочных заводов или камнетесных цехов. Если же утилизация отходов будет сопряжена с необходимостью сооружения специально для этих целей высоковольтных ЛЭП, причалов и других дорогостоящих внешних коммуникаций, то целесообразность их переработки в таких случаях, как правило, неэффективна.

Факт дороговизны природоохранных мероприятий общеизвестен. В то же время известно и то, что экономия при трате средств на эти мероприятия приводит к таким ущербам, которые по своим величинам на порядок превосходят сэкономленные деньги. К настоящему времени в нашей стране пока отсутствует хозяйственный механизм, который бы одновременно создавал заинтересованность владельцев предприятий во внедрении эффективных природоохранных мероприятий и устранял последствия чрезмерной техногенной нагрузки на среду обитания человека.

История соблюдения государственных интересов в сфере охраны природы и природопользования развивается в основном за счёт создания и применения административных рычагов воздействия на предприятия. О мотивации предприятий в этой области упоминается лишь в научных источниках как предпосылках к практическим разработкам. Актуальность вопроса состоит в создании действенных экономических рычагов, способствующих появлению реальной заинтересованности. Создание мотивов для рационального природопользования – это непростая задача. Для разных сторон этой проблемы, очевидно, хороши разные подходы, и универсальный подход вряд ли возможен. Уменьшение объёмов горнопромышленных отходов путём переработки части их в полезные продукты может быть мотивировано дополнительным доходом от этой деятельности.

Однако же есть ещё один способ превратить горно-геологические объекты (отработанные месторождения) в рыночный товар. И доказательство этому найдено также в Северо-Западном регионе. Речь идёт о создании международного туристического маршрута «Дорога горных промыслов», который связал г. Петрозаводск с горой Пуйо в финском г. Куопио. Маршрут был создан карельскими и финскими геологами, историками и представителями туристического бизнеса в рамках проекта Mining Road, который реализуется с 2012 г. при финансовой поддержке программы приграничного сотрудничества ЕС и России [2].

Главным российским объектом «Дороги горных промыслов» является горный парк «Рускеала». Рускеальские мраморные ломки – это на сегодняшний день памятник природы и горного дела [4]. Они находятся примерно в 24 км к северу от г. Сортавалы (прежнее название – Сердоболь).

Разрабатывать Рускеальское мраморное месторождение начали очень давно. Есть свидетельства, что недалеко от ломок был найден камень с высеченной на нём датой: «1632». Открытие Рускеальского месторождения часто приписывают пастору и учёному Самуэлю Алопеусу, жившему в Сердоболе во второй половине XVIII в. Очевидно, что месторождение было известно местным жителям и ранее, но именно благодаря книге Алопеуса «Краткое описание мраморных и других каменных ломок, гор и каменных пород, находящихся в Российской Карелии» (СПб.,1787 г.), опубликованной на немецком и русском языках, рускеальский мрамор получил широкую известность. Академик Н. Я. Озерецковский в «Путешествии по озёрам Ладожскому и Онежскому» (совершённому в 1785 г.) так описывает разработку мрамора в Рускеале: «В Рускальском погосте в 30 верстах от Сердоболя внутрь земли, близ большой дороги к Нейшлоту, находится в горах, прилежащих к шведской границе, известная Рускальская мраморная ломка, где добывается мрамор наиболее пепельного цвета с жёлтыми и зеленоватыми струями, но в кряже гор, которого окружность близ пяти верст простирается, находится также мрамор и других цветов, выключая голубой и красный, а именно есть там зелёный мрамор с примесью белых, желтоватых и чёрных прожилков и пятен, есть серый, белый и чёрный вместе с струями, прожилками и полосами, есть несколько бурый и серый с белыми крапинками. Наиболее работа производится в горе Белой, где ломают пепельный мрамор, который тем лучше становится, чем далее работники в глубину подаются. Для сей работы нанимаются от казны вольные люди, и мрамор употребляется в Санкт-Петербурге на разные казенные здания».

Первые блоки декоративного рускеальского мрамора были доставлены в г. Петербург в 1766 г. На добыче мрамора работало «…до 800 человек русских и чухонцев». Рускеальским мрамором украшали храмы и дворцы Петербурга, фонтаны Петродворца, колонны Царского Села и Гатчины. Только с 1769 по 1830 г. здесь наломали 200 000 т мрамора.

Широкую известность рускеальскому мрамору принесло строительство Исаакиевского собора (1819–1859 гг.), где камень из «Рускеалы» использовался для облицовки стен. В Национальном архиве Карелии сохранились четыре письма, написанные непосредственно Монферраном, об использовании всех оттенков белого мрамора для воздвижения архитравы (несущей балки, опирающейся на колонны) и синего мрамора для цоколя собора. К письмам приложен чертёж мраморных заготовок, предложенный Монферраном. После завершения строительства Исаакиевского собора мраморные ломки были оставлены. Местное население нашло применение обломкам мрамора: «Сметливые чухонцы, воспользовавшись множеством мраморных осколков, обжигают их на известь». Несортовой мрамор пережигали на известь до 60-х гг. XX в.,

а также перерабатывали на щебень, декоративную крошку, известковую муку; из сортового пилили плиты для станций метро.

В настоящее время главный карьер «Рускеала» рассматривается как памятник индустриальной культуры (горного дела) конца XVIII – начала XX в. Карьер (его длина – 450 м, ширина – 60–100 м, глубина – 30–80 м) затоплен до уровня верхнего подземного горизонта. Существуют разные версии затопления карьера. По одной из них, затопили карьер финны перед началом советско-финской войны (1939–1940 гг.).

После заключения мира, весной 1940 г. в посёлок Рускеала приехали первые переселенцы из центральных районов России. В 1946 г. был открыт 5-й карьер. В 1947 г. Рускеальский мраморно-известковый завод снова стал давать известь. В день из карьера поднимали до 40 т мрамора. С 1952 г. на Рускеальском мраморно-известковом заводе стали выпускать мраморную крошку двух фракций. С 1960 г. завод помимо декоративного щебня стал давать известковую муку, которая использовалась для известкования почв. На предприятии установили шаровую машину по помолу известковой муки производительностью в 25–30 т. Чуть позже была смонтирована комплексно-механизированная дробильно-сортировочная установка, перерабатывающая до 120 тыс. м^3 горной массы в год. В середине 1980-х гг. Рускеальский завод стал давать стране также фракционированный щебень, в среднем по 200 тыс. т/г. Несмотря на то, что в 1986 г. был построен новый цех по выпуску щебня, завод работал нестабильно, не справляясь с планом. «Лебединой песней» Рускеальского завода стал 1988 г. когда предприятие выпустило извести 1229 т известковой муки и щебня. Обжиговые печи Рускеальского мраморно-известкового завода были окончательно потушены в начале 1990-х гг.

С начала 2000-х гг. на территории карьера создан туристический объект – «Горный парк Рускеала» – рисунок 11.

Рис. 11. Горный парк Рускеала. Сортавальский район Республики Карелия (фото автора)

Создание в Мраморном каньоне новых маршрутов, в том числе подземного, а в будущем, возможно, – и подводного, развитие вокруг старых каменоломен туристической инфраструктуры позволило владельцам горного парка превратить его в одну из самых популярных достопримечательностей Республики Карелия. Однако всё это – результат собственных инвестиций компании «Колмас Карелия», которая не побоялась пойти на финансовый риск. Интересно, что в соседних районах Финляндии такие риски берут на себя муниципалитеты и само государство.

Отработанные месторождения декоративно-облицовочных камней никогда не были и не будут представлять экологическую опасность для окружающей среды и человека. Заброшенные каменоломни, над которыми несколько десятилетий поработала сама природа, часто выглядят живописно сами по себе, без вмешательства человека. Они являются источником и своего рода «изнанкой» архитектурных сооружений, на постройку и облицовку которых был добыт непревзойдённый по качеству строительный материал.

Многочисленные каменоломни, известные на приграничных с Финляндией карельских территориях, становятся местом паломничества туристов, архитекторов, геологов. Большое количество исторических горных выработок известно на островах Сортавальского архипелага Ладожского озера [1]. На северо-западном и восточном берегах озера Риеккалансаари в 1870–1930-е гг. в 20 каменоломнях добывали светло-серые сердобольские граниты, которые широко

использовались в строительстве г. Сортавала. Самые крупные и интересные каменоломни сердобольских гранитов расположены в восточной части озера Тулолансаари, на горе Руотсенкаллио (в перспективе на их территории может быть создан ещё один горный парк). Именно здесь с 1770 по 1910 г. в большом количестве добывали блочный, колонный, скульптурный и мемориальный камень для украшения храмов и дворцов Санкт-Петербурга. Именно здесь «родились» знаменитые атланты и колоннады Эрмитажа – рисунок 4, – кариатиды и колонны Бельведера.

Большим достижением всех государств будет поддержка таких проектов, целью которых является возвращение географической оболочке планеты её изначально гармоничного облика.

С самого своего возникновения человеческое общество осваивает природные ресурсы, в том числе и минеральные, используя достижения предыдущих эпох. Затем оно передаёт эти достижения в наследство будущим поколениям, превращая богатства природы в средства культурно-исторической жизни. Если лишить современную географическую среду её свойств, созданных трудом многих поколений и поставить современное общество в исходные природные условия, то оно вряд ли сможет существовать, ибо человек переделал мир, и процесс этот уже необратим.

В прошлом использование человеком даров природы носило стихийный характер: он брал от природы столько, сколько позволяли его собственные силы. Изобретая способы получения и использования горючих, рудных и нерудных полезных ископаемых, человек резко увеличил своё могущество во взаимоотношениях с недрами как частью природы. Вместе с тем, с течением времени само развитие цивилизации оказалось зависимым от имеющихся на земле запасов сырья, от их хозяйственного использования. В наши дни эта зависимость нередко обнаруживается крайне динамичным образом, поскольку огромные масштабы применения многих видов ресурсов приводят к исчерпыванию их запасов на планете.

На смену стихийному естественноисторическому процессу должна прийти сознательная и планомерная организация воздействия общества на природу. И сегодня человечество обретает реальную возможность осуществлять регулирование и контроль над обменом веществ с природой. Мы, так или иначе, обречены познавать и правильно применять законы природы в интересах общественного прогресса.

Приятно осознавать, что Карело-Кольский регион может гордиться примерами рационального природопользования при освоении недр.

Список литературы

1. Борисов И. В. Геологическое и горно-индустриальное наследие Карелии [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.ladoga-park.ru/a121031 (дата обращения: 10.10.2016).

2. Дорога горных промыслов / ИГ КарНЦ РАН. Петрозаводск, 2014.

3. Кузьминых Е. Н. Анализ подходов к геологическому изучению облицовочного камня. Последствия вовлечения в эксплуатацию слабо изученных месторождений в Ленинградской области // Строительный камень: от геологии до архитектуры. Петрозаводск, 2015.

4. Мраморный карьер Рускеала [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.off-road- drive.ru/archive/15/Istoriya_odnogo_karera (дата обращения: 10.10.2016).

5. Савостин И. А. Экономические проблемы освоения месторождений облицовочного камня на Северо-Западе СССР. Москва,1980.

УДК 622′17:630′1(571.55)

В. П. Мязин,
доктор технических наук, профессор,
В. Т. Шекиладзе,
Забайкальский государственный университет,
г. Чита, Россия

Инновационные разработки по совершенствованию природоохранных технологий биологической рекультивации хвостохранилищ и горных отвалов в условиях Забайкалья

Отмечена проблема накопления техногенных месторождений горнорудной промышленности на территории Забайкальского края. Приведена концепция основных направлений по реализации решений технологических и экологических проблем, при накоплении отходов в хвостохранилищах.

Ключевые слова: *техногенное месторождение, хвостохранилище, биологическая рекультивация, Забайкалье*

V. P. Myazin,
Doctor of Technical Sciences, Professor,
V. T. Shekiladze,
Transbaikal State University,
Chita, Russia

Innovations to improve environmental technologies biological reclamation of tailings and waste dumps in the conditions of Transbaikalia

There are the problem of accumulation of technogenic deposits of the mining industry in the territory of Trans-Baikal territory. Developed the concept of the main directions for the implementation of technological solutions and environmental challenges, with the accumulation of wastes in the tailings.

Keywords: *technogenic deposit, tailings dump, biological recultivation, Transbaikalia*

Производственная деятельность горно-перерабатывающих предприятий ведёт к накоплению в хвостохранилищах различных отходов минерального сырья, часть из которых относится к классу высокоопасных. По укрупнённым оценкам, объём накопленных отходов горного производства Забайкальского края только на 2012 г. составил свыше 675 млн т. Из них отходы в виде твёрдых примесей составили 45 тыс. т, а на жидкие и газообразные приходится около 85 тыс. т [4]. Установлено, что отчуждаемая площадь земель под размещаемые хвостохранилища в Забайкальском крае составляет свыше 2 тыс. га [4].

Рост накопленных и брошенных хвостохранилищ увеличивает степень загрязнения прилегающих поселений. Потенциал загрязнения атмосферы из-за выброса тонкодисперсных частиц отходов достигает численных значений до четырёх [5].

Наблюдаемая тенденция накопления минеральных отходов в хвостохранилищах обусловлена, в первую очередь, несовершенством применяемых технологий для переработки минерального сырья [1].

Актуальность данной проблемы ещё в большей степени проявляется для ранее брошенных и законсервированных хвостохранилищ на территории Забайкалья. Решение данного вопроса путём применения известной технологии горнотехнической рекультивации хвостохранилищ предполагает разубоживание сформированных техногенных месторождений, что в дальнейшем увеличивает затраты при вовлечении их в эксплуатацию.

По предварительно выполненным прогнозным оценкам, количество техногенных образований в XXI в. будет постоянно расти. Отсюда основное требование времени – необходимость создания максимально природоохранных технологий вовлечения в дальнейшую эксплуатацию накопленных техногенных отходов в хвостохранилищах, позволяющих резко сократить негативное воздействие их на окружающую среду.

Для Забайкалья решение возникающей проблемы осложняется трудностью удержания технологической воды на хвостохранилищах, а также резким повышением температуры атмосферного воздуха и наличием сильной ветровой эрозии. Скорость воздушных потоков в отдельные периоды года достигает 5–10 м/с. В связи с этим, осушенная поверхность хвостохранилища становится главным источником загрязнения воздуха и потерь мелких классов ценного компонента мелкодисперсной минеральной фракции. По этой причине

сформированные на поверхности хвостохранилищ массопотоки минеральной пыли накрывают ближайшие территории.

Учитывая вышеизложенное можно заключить, что назрела острая необходимость разработки и усовершенствования специальных приёмов реализации природоохранных технологий рекультивации хвостохранилищ, с учётом необходимости повторного использования заскладированного в них минерального сырья.

В последнее время предлагается перейти к биолого-технологической концепции формирования защитного травяного слоя на поверхности хвостов [2; 3] путём использования специальных составов трав с устойчивой корневой системой, представленных в таблице 1. Научно обоснованный выбор семян многолетних трав в Забайкалье приведён авторами на основе системного анализа выполненных экспедиционных, биологических и селекционных исследований [10].

Перспективность использования специальных приёмов биолого-технологической рекультивации приповерхностного слоя заскладированных

отходов в хвостохранилищах подтверждается патентно-защищёнными разработками, в том числе полученными в ЗабГУ и Забайкальском отделении РАЕН [6–8]. Патенты, предлагаемые для реализации биологической рекультивации в комплексе с техническими разработками, как объектами изобретения, представлены на рисунке 1.

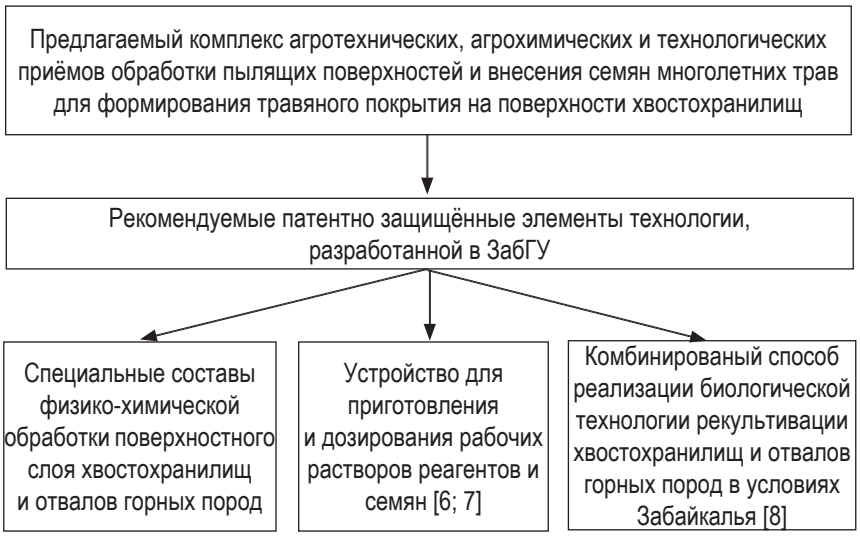


Рис. 1. Комплексное использование патентно защищённых приёмов (агротехнических, агрохимических, технологических) и устройств, используемых в реализации патентно защищённой биологической технологии рекультивации хвостохранилищ

Выполненная укрупнённая технико-экономическая оценка известных приёмов агротехнической и биологической рекультивации хвостохранилищ с учётом достижений мирового уровня развития этого направления позволяет заключить, что для первоочередной реализации природоохранных мероприятий, учитывая повторное использование минерального сырья, необходимо временное формирование на поверхностном слое заскладированных хвостов защитного травяного покрова. Подтверждением этого служит положительный опыт биологической рекультивации хвостохранилищ и отходов карьеров, реализованный на горнодобывающих объектах Мурманской области [2]. Однако перенести его на горнодобывающие объекты Забайкалья не представляется возможным из-за изложенных выше особенностей природно-климатических условий региона.

Для реализации биолого-технологической концепции в условиях Забайкалья нами предлагается использовать специальные составы семян для формирования защитного травяного покрова с использованием приёмов для их внесения в приповерхностный слой хвостохранилищ и горных отвалах. Экономический критерий при этом – минимум эксплуатационных затрат.

Сущность разработанной патентно защищённой технологии биологической рекультивации хвостохранилищ заключается в нанесении цеолитовой гидросмеси [5] на приповерхностный слой хвостохранилища, с целью высевания семян многолетних трав в сформированный слой с последующим нанесением на засеянную поверхность связующего состава реагентов на основе водорастворимых полимеров. Этот приём позволяет исключить дополнительное внесение удобрений, усилить развитие корневой системы трав, тем самым повысив эффективность биологической рекультивации хвостохранилищ за счёт интенсификации продуктивности травостоя.

Способ включает обработку заскладированных хвостов связующим составом, посев многолетних трав и уплотнение поверхностного слоя. При этом предварительно для формирования почвообразующего слоя производят обработку поверхности хвостохрнилища цеолитовой гидросмеси при соотношении цеолит – вода 1:2 и рыхление поверхностного слоя.

Таблица 1

Характеристика многолетних трав, адаптированных к климатическим условиям Забайкалья

Наименование растения	***Краткое описание***	***Семена***	***Корневая система***	***Биологические особенности***	***Наименования сортов***
Люцерна (Medicágo)	Многолетнее бобовое растение ярового типа развития	Мелкие почковидные или фасолевые, жёлтые и зеленовато-зелёные. Сохраняют всхожесть 8, 9 и более лет	Очень мощная. Основная масса корней распространена в почвенном слое на глубине 30…40 см	Теплолюбивое и в то же время холодостойкое растение. Начинает прорастать при t = 2…4 °С, оптимальная температура для прорастания – 17…20 °С	«забайкалка», «онохойская-6», «читинка»
Донник белый (Melilotus albus)	Двулетнее бобовое растение. Стержни прямые, высотой 75–300 см	Овальные, жёлтые. Масса 1000 семян –1,8…2,4 г. Сохраняют всхожесть до 10…12 и более лет	Глубоко проникающая мощная	Хорошо усваивает труднодоступные питательные вещества почвы, в первую очередь, фосфор и калий. Семена прорастают при температуре 2…5 °С. Всходы переносят заморозки в -5…-6 °С. В первый год жизни растения продолжают вегетировать после осенних заморозков. Зимостойкое растение: переносит при небольшом снежном покрове морозы -30…-40 °С. Засухоустойчивое светолюбивое растение озимого типа, произрастающее на самых разнообразных почвах (при pH выше 6,0)	«сретенский-1»
Донник жёлтый, лекарственный (Melilótus officinális)	Двулетнее бобовое растение	Бобы яйцевидные, слегка сжатые, голые, жёлто-бурые, одно- и двухсеменные. Семена округло-удлинённые, зеленовато-жёлтые. Размножается семенами и частями корней. Всхожесть семян сохраняется 8..14 лет	Корень стержневой, утолщённый в верхней части, глубоко входящий в почву		–
Донник душистый, ароматный (Melilotus suaveolens Led.)	Двулетнее бобовое растение. По зимостойкости превосходит все виды донников	Мелкие, широкоовальные, с очень коротким корешком, жёлто-зелёные, чаще – без рисунка, реже – с рисунком в виде фиолетовых пятен	Корень сравнительно короткий, с хорошо развитыми боковыми разветвлениями.		«ононский»
Кострец безостый (Bromus inermis Leys)	Многолетнее травянистое растение	Сплюснутые, длиной 7…12 мм, шириной 2,5…3 мм, несыпучие, бурые или тёмно-коричневые, заключены в светло-серые цветковые чешуи, нередко с антоциановым оттенком. Имеют хорошую всхожесть и сохраняют её в течение 4…5 лет. Прорастают при температуре 3…5 °С	Корневища располагаются в почве глубже, чем у растений луговой группы	Используется при создании высокопродуктивных травостоев на культурных пастбищах и сенокосах, а также для посева на осушенных болотах и для закрепления земель, подверженных водной эрозии. Всходы его переносят заморозки до -5...-7 °С. Оптимальная реакция почвенного раствора pH – 6…6,5. Однако может расти и на кислых почвах	«кенонский», СибНИИС-Хоз-189

Пырейник сибирский (Elymus sibiricus)	Многолетний рыхлокустовой верховой кормовой злак	Продолговатые, длиной 6…12 мм, сероватого цвета, нетекучие. Всхожесть сохраняется 4…5 лет	Мочковатая, мощная, глубокопроникающая (до 1,2…1,5 м) и сильно разрастающаяся в пахотном горизонте	Характеризуется продуктивным долголетием и в травостоях: держится до 10 лет. Отличается высокой морозостойкостью (91…96 %). Семена прорастают при температуре 4…6 °С. Молодые растения выдерживают заморозки -3...-4 °С. Переносит весеннюю и раннелетнюю засуху и эффективно использует осадки второй половины лета. Не выносит кислых почв	«гуран», «арейский», «ингодинский»
Пырейник даурский (Elymus dahuricus)	Многолетний рыхлокустовой злак				
Пырей бескорневищный (Agropyrum tenerum Vessey)	Многолетний рыхлокустовой злак ярового типа	Бурые, продолговато-линейные. Верхняя сторона семени волосистая, внутренняя – слабовогнутая	Мочковатая, глубоко проникающая в почву и сильно пронизывающая пахотный горизонт	Морозостойкое и холодостойкое растение. Семена в почве прорастают при 4,5 °С, а всходы выдерживают заморозки до -8...-9 °С. Переносит весеннюю и раннелетнюю засуху. Не выдерживает затопление	«читинский местный»

Причём посев семян многолетних трав, обработку приповерхностного слоя связующим составом и уплотнение сформированной поверхности осуществляют практически одновременно. В качестве связующего состава применяют водорастворимые полимеры в отличие от ранее известных реагентов: водный раствор поливинилового спирта, водная эмульсия латекса, водный раствор сульфатного мыла, простые электролиты и их комбинации.

Способ отличается тем, что нанесение цеолитовой гидросмеси осуществляют в направлении удерживающей плотины хвостохранилища для удаления сточных вод в отстойное сооружение с целью дальнейшего многократного использования её в технологическом процессе, представленном на рисунке 2.

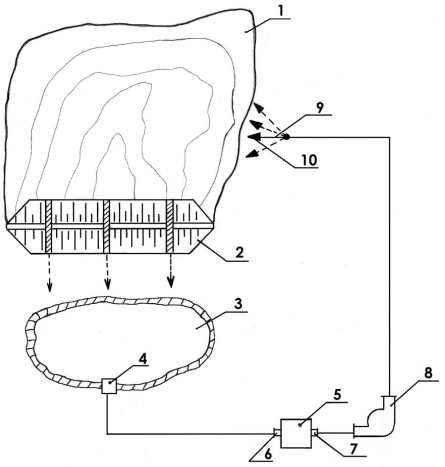


Рис. 2. Принципиальная схема приготовления и нанесения цеолитовой гидросмеси на поверхность хвостохранилища: 1 – хвостохранилище; 2 – основная дамба; 3 – пруд-отстойник; 4 – насосная станция; 5 – узел приготовления цеолитовой суспензии; 6 – приёмный патрубок; 7 – выходной патрубок; 8 – землесос; 9 – поворотная конструкция; 10 – насадка

Модуль приготовления и нанесения гидросмеси выполнен с использованием водооборотной системы подачи воды. Измельчённый цеолит до класса крупности -0,074 мм подаётся в узел приготовления цеолитовой суспензии (5). Вода, закачиваемая насосной станцией (4) из пруда-отстойника (3), с помощью трубопровода – в узел приготовления суспензии (5). Далее суспензия с помощью землесоса (8) поступает на поверхность хвостохранилища. Равномерное нанесение суспензии по всей поверхности хвостохранилища осуществляется поворотным механизмом (9) с насадкой (10). Вода на поверхности движется в направлении основной дамбы (2), откуда по трубным смывам (11) стекает в пруд-отстойник (3).

Для одновременной реализации вышеизложенных приёмов в способе рекультивации горных отвалов и хвостохранилищ разработано специальное устройство, представленное на рисунке 3 [6; 7]. Устройство

содержит раму с возможностью вертикального перемещения, средство для рыхления, выполненное в виде ряда плужков и ряда борон, ёмкость для подачи реагентов с трубопроводами и соплами, бункер с питателем для подачи семян и каток. Данное устройство соединяет в себе все виды операций по биологической рекультивации.

Таким образом, по результатам лабораторных физико-химических и модельных исследований на технологических пробах и предварительно полученных результатов на опытных участках, а также анализа мировой практики восстановления нарушенных земель, сформирован биолого-технологический подход к реализации предложенной технологии биологической рекультивации хвостохранилищ в Забайкалье на основе направленного формирования травостоя, устойчивого к ветровой эрозии на поверхности без нанесения на неё плодородного слоя.

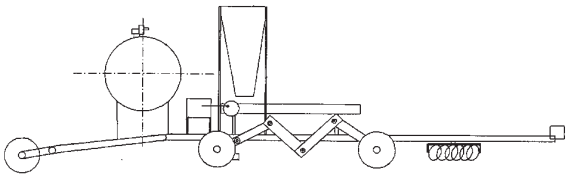


Рис. 3. Устройство для рекультивации хвостохранилищ

Планируется провести промышленные испытания разработанной технологии в соответствии с государственной программой Забайкальского края «Отходы» на ряде брошенных и действующих хвостохранилищ Забайкалья в летний период 2017 г.

Список литературы

1. Кадастр производства и потребления Забайкальского края – региональный компонент / Мязин [и др.]. Чита: ЧитГУ, 2010. 28 с.

2. Месяц С. П, Волкова Е. Ю. Обоснование способов сохранения техногенного минерального сырья, складированного в отвалы отходов рудообогащения // Вестник МГТУ. 2009. Т. 12, № 4. С. 735–741.

3. Мязин В. П., Шекиладзе В. Т. Разработка природоохранных мероприятий по рекультивации хвостохранилищ с целью снижения загрязнения территории Забайкалья отходами горно-перерабатывающего комплекса // Вестник ЗабГУ. 2013. № 6 /97. С. 30–38.

4. Об экологической ситуации в Забайкальском крае за 2013 год: доклад Министерства природных ресурсов. Чита, 2014.

5. Островский А. П. Региональные проблемы устойчивого развития. Чита: Поиск, 2001. 508 с.

6. Пат. 148521. РФ. Устройство для рекультивации хвостохранилищ. Заяв. 14.07.2014.

7. Пат. 2239067. РФ. Устройство для рекультивации хвостохранилищ Заяв. 27.10.2004.

8. Пат. 2513468. РФ. Способ рекультивации хвостохранилищ. Заяв. 20.04.2014.

9. Перспективы и проблемы использования цеолитсодержащих туфов Восточного Забайкалья в XXI в. / В. П. Мязин, В. Ю. Шкатов, А. Н. Хатькова // Забайкалье на пути к устойчивому развитию: экология, ресурсы, управление: 2-я Междунар. конф. (г. Чита. 20–25 мая 2001 г.) / Мин-во образования РФ; Чит. гос. техн. ун-т; Адм. Чит. обл. Чита: ЧитГТУ, 2001. Ч. 1. С. 159–163.

10. Пешкова Г. А., Малышева Л. И., Красноборов И. М. Флора Сибири: в 14 т. Новосибирск: Наука: Сибирское отделение, 1988–2003.

УДК 622:502/504

С. В. Чмыхалова,
кандидат технических наук,
А. А. Токмакова,
студентка,
Горный институт НИТУ МИСиС,
г. Москва, Россия,
Л. А. Воронина,
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
Томский государственный университет,
г. Томск, Россия

К вопросу о рекультивации земель, нарушенных горными градообразующими предприятиями

Предложен способ биологической рекультивации нарушенных горными предприятиями территорий. В качестве ресурса предлагается использовать отходы сельского хозяйства и городских территорий (навоз, куриный помёт, солома, опилки, листовой опад, порубочные остатки, осадки сточных вод).

Ключевые слова: *промышленная экология, рекультивация нарушенных земель, плодородный грунт, мелиоранты, переработка биологических отходов*

S. V. Chmykhalova,
Candidate of Technical Sciences,
A. A. Tokmakova,
Student,
National University of Science and Technology MIS&S,
Moscow, Russia,
L. A. Voronina,
Candidate of Agricultural Sciences,
Tomsk State University,
Tomsk, Russia

The question of the reclamation of land disturbed City-forming mining-company

The method of biological reclamation of disturbed mining areas is proposed. As a resource it is proposed to use waste from agricultural and urban areas (manure, chicken manure, straw, sawdust, leaf litter, wood residues, sewage sludge).

Keywords: *industrial ecology, reclamation of disturbed lands, fertile soil, ameliorant, processing of biological waste*

Промышленное освоение территорий, на формирование которых влияют разрабатываемые минерально-сырьевые ресурсы, природные, экономические и социальные условия, приводит к возникновению ряда проблем. Кроме социальных и экономических существенную роль в развитии этих территорий играют экологические проблемы, без решения которых невозможно их устойчивое развитие [9; 10]. Частично эти проблемы связаны со спецификой функционирования горных предприятий, с изъятием полезных ископаемых и выбрасыванием в окружающую среду огромного количества отходов.

С учётом многообразия функций литосферы, она, с одной стороны, является источником наших богатств и обеспечивает условия для развития экономики, транспорта и производства, а с другой – состояние литосферы коренным образом влияет на состояние здоровья человека, обеспечивает его и всё живое необходимыми условиями для поддержания биологической жизни [6].

Это положение относится и к деятельности горнодобывающих предприятий, продукция которых востребована нуждами развития общества. Расположенные на относительно небольших площадях эти предприятия наносят существенный вред окружающей среде.

Горные предприятия оказывают воздействие на все компоненты биосферы. Это воздействие осуществляется в технологическом процессе добычи (изъятия из недр) полезного ископаемого [7]. Как следствие этого – восстановление нарушенных земель должно являться неотъемлемой частью их производственной деятельности [8].

Сложность процесса рекультивации нарушенных земель состоит в том, что многие горные предприятия

являются градообразующими, поэтому доставка плодородного грунта из других регионов является дорогостоящей.

В данном исследовании проведён анализ возможностей АО «Апатит», расположенного в г. Кировске Мурманской области. Расстояние между г. Мурманском и г. Кировск – около 200 км. С учётом географического положения городов естественное восстановление земель в этом районе затруднительно.

Комбинат «Апатит» образован в 1929 г. на базе уникальных месторождений апатит-нефелиновых руд. В настоящее время АО «Апатит» является крупнейшим в мире предприятием по добыче и обогащению апатит-нефелиновых руд Хибинских месторождений, по производству апатитового и нефелинового концентратов, а также других минеральных концентратов: сиенитового, сфенового и титаномагнетитового.

Комбинат проводит природоохранные мероприятия, однако, для восстановления окружающей среды этих мероприятий недостаточно.

Во всех странах рекультивация выполняется в два основных этапа: 1) технический (горнотехнический); 2) биологический. Как свидетельствует международный опыт по рекультивации, работы технического этапа очень трудоёмки и требуют наибольших затрат. Эффективность и экономичность этих работ может быть значительно увеличена, если их включить в технологический процесс предприятий. Учёт требований рекультивации на стадии проектирования предприятия позволяет внести соответствующие изменения в технологию работ.

Развитие направления рекультивации зависит от типа нарушенных земель, природных условий, экономической целесообразности и ожидаемого социального эффекта рекультивации.

От крутизны и экспозиции склонов даже в естественных ландшафтах с их упорядоченным распределением форм рельефа поверхности сильно зависят все показатели водного, теплового и радиационного балансов почв. Тем более характерно это для техногенных ландшафтов. В целом можно утверждать, что по всем рассматриваемым параметрам на склоновых поверхностях техногенных ландшафтов формируются значительно более ксероморфные местообитания.

Особенность района состоит в том, что естественный режим атмосферного увлажнения (малое количество осадков) усиливается глубоким дренажем поверхностной толщи горных пород. Извлекаемые на поверхность горные породы, не способны поддерживать водообеспечивающую функцию технозёмов на оптимальном для фитоценозов уровне.

Основные вскрышные породы ввиду своей крупнодисперстной природе обладают очень маленькой влагоёмкостью, а сложенные ими отвалы обладают провальным водным режимом. Влагоёмкость грунта определяется гранулометрическим составом, зависит от количества мелкозёма в грунте, а именно, процентным содержанием в нём фракций физической глины – основного водоудерживающего компонента. Отсыпанная мощность суглинка должна удерживать среднегодовое количество осадков [1].

Количество фракций физической глины в корнеобитаемом слое определяет комфорт для развивающихся фитоценозов и является основным параметром перспективности восстановления техногенных грунтов. Существуют своеобразные пороги концентрации этих фракций, от которых зависит перспектива и скорость восстановления территорий [2]. Значит, их содержание может регулироваться в процессе рекультивационных работ.

Наиболее важный признак, отличающий почвы от горных пород, – наличие гумусовых веществ. С их накоплением связывают рост плодородия почв. С появлением на отвалах живых организмов (в первую очередь растительных) начинают идти и процессы гумусообразования и гумусонакопления. Значительная мозаичность растительных группировок на начальных стадиях формирования биогеоценозов наряду с другими факторами предопределяет и неравномерность накопления гумуса. Изучение этой мозаичности показало, что при равных других условиях наибольшее количество гумуса накапливается на участках, занятых высшими растениями, при этом особенно благоприятны для накопления участки, занятые злаками и бобовыми видами, в сравнении с разнотравьем [6].

Под лиственными древесными породами гумуса накапливается больше, чем под хвойными [5]. В условиях отвалов смешанные, многовидовые растительные сообщества более устойчивы, чем монокультуры, за счёт более полного использования среды и разнокачественного фитомелиоративного эффекта [4].

Выполнение биологического этапа рекультивации отвалов горных пород методом нанесения слоя суглинков и плодородного грунта не может быть осуществлено в условиях производственной деятельности АО «Апатит». Отсутствие естественных ресурсов приводит к решению производства мелиорантов при внедрении технологии переработки биологических отходов. В качестве ресурса предлагается использовать отходы сельского хозяйства и городских территорий: навоз, куриный помёт, солому, опилки, листовой опад, порубочные остатки, осадки сточных вод.

Предлагаем внедрить микробиологическую технологию производства удобрения с применением биопрепарата, который ускоряет процесс ферментации. Консорциум микроорганизмов способен осуществлять микробиологическую трансформацию труднодоступных органических и неорганических соединений в доступную для растений форму; обогащающих почву биологическим азотом, обладающих ростостимулирующим действием на растения, не оказывающих отрицательного воздействия на плодородие почвы. Использование экологически чистого плодородного грунта позволит повысить эффективность работ по восстановлению нарушенных территорий и снизить затраты.

Техническая задача решается способом биологической переработки отходов, предусматривающим смешение биологических мелиорантов и разных видов навоза и помёта в определённых пропорциях с последующей аэробной ферментацией смеси в присутствии микроорганизмов при перемешивании до естественного снижения температуры ферментационной смеси до 25–300 °С, в котором, а в качестве микроорганизмов используют консорциум штаммов *Bacillus subtilis B-168, Bacillus mycoides B-691, Bacillus mycoides B-46* и другие в количестве 1×10^8 – 1×10^9 клеток в 1 мл на 1 т субстрата [2]. В результате процесса аэробной ферментации происходит переработка отходов в органическое удобрение. В зависимости от требований возможно изменить состав и свойства искусственных грунтов, путём добавления различных компонентов.

Ресурсная база г. Кировска и г. Апатиты Мурманской области (и прилегающих территорий) способна обеспечить производство необходимого объёма плодородного грунта. В районе г. Апатиты и г. Кировска в перечне объектов экологического ущерба, утверждённого Постановлением Правительства Мурманской области от 29 марта 2013 г. № 139-ПП/5, имеются два навозохранилища общей площадью почти 3 га, которые необходимо утилизировать. При внедрении технологии производства мелиорантов для целей рекультивации нарушенных территорий одновременно решаются и вопросы утилизации и складирования отходов.

Дополнительно для г. Кировска следует рассмотреть технологию утилизации осадков сточных вод, а также возможность переработки пищевых отходов. В случае переработки пищевых отходов, в первую очередь, необходимо разработать наиболее рациональную систему сбора отходов, включённую в систему комплексной переработки ТБО города.

На примере г. Кировска и г. Апатиты в связи с их обособленным расположением и ограниченностью земельных ресурсов есть уникальная возможность внедрить и отработать комплексную технологию переработки отходов, совершенствуя передовые технологии экологической безопасности.

Для реализации необходимо:

1. Провести анализ горных пород, слагающих отвалы и степень их пригодности для рекультивации.

2. Оценить ресурсную базу биологических отходов г. Кировска, г. Апатиты и прилегающих территорий (сельскохозяйственные предприятия, городские отходы).

3. Рассмотреть возможность использования в качестве компонента переработки ОСВ очистных сооружений.

4. Разработать технологию производства плодородного грунта.

5. Провести опыты по применению плодородного грунта.

6. Внедрить схему сбора и временного хранения биологических отходов.

7. Обосновать технологию комплексной переработки ТБО города.

Список литературы

1. Андроханов В. А., Курачев В. М. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010.

2. Андроханов В. А., Курачев В. М. Принципы оценки почвенно-экологического состояния техногенных ландшафтов // Сибирский экологический журнал. 2009. № 12. С. 165–169.

3. Биопрепараты в сельском хозяйстве (методология и практика применения микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве) / И. А. Тихонович [и др.]. М.: Россельхозакадемия, 2005. 154 с.

4. Воронина Л. А. Мелиоративная роль древесных пород при лесной рекультивации отвалов Южного Кузбасса: автореф. дис. … канд. с.-х. наук: 06.03.04. Барнаул, 2009. 19 с.

5. Воронина Л. А. Роль лесных культур при фитомелиорации отвалов вскрышных пород // Лесное хозяйство и зелёное строительство в Западной Сибири: материалы IIX Междунар. науч. интернет-конф. (май 2016 г.). Томск: ТГУ, 2016.

6. Трансформация экологических функций литосферы в эпоху техногенеза / под ред. В. Т. Трофимова. М.: Ноосфера, 2006. 720 с.

7. Чмыхалова С. В. Воздействие горнодобывающего предприятия на окружающую среду // Горный журнал. 2012. № 5. С. 80–84.

8. Чмыхалова С. В. Горнопромышленная экология: учеб. пособие. М.: МИСиС, 2016. 111 с.

9. Envisioning the Future of Mining. IBM Global Services // Produced in the United States of America. 2009. October.

10. Umberto Pisano. Resilience and Sustainable Development: Theory of resilience, systems thinking and adaptive governance // ESDN Quarterly Report. European Sustainable Development Network. 2012. № 26. September.

НАШИ ЮБИЛЯРЫ

МЯЗИН ВИКТОРУ ПЕТРОВИЧУ – 75 ЛЕТ

Глубокоуважаемый Виктор Петрович!

Мы, Ваши друзья и коллеги, объединённые Российской Академией естественных наук, сердечно поздравляем Вас с замечательным юбилеем – 75-летием со дня рождения.

На протяжении первых и самых трудных лет становления академии, Вы приложили много усилий для создания Забайкальского отделения, к привлечению в Академию наиболее достойных и активных учёных, совершенствованию организации её работы.

Научная общественность, специалисты обогатители высоко ценят Вас, ведущего учёного по созданию технологий комплексной переработки минерально-сырьевых ресурсов Забайкальского края, основателя научной школы по направлению: «Изыскание и разработка ресурсосберегающих, экологически безопасных инновационных технологий физико-химического обогащения и переработки глинистых золотосодержащих песков, бедных руд, техногенных образований и отходов».

Мы высоко оцениваем Ваши усилия по воспитанию целой плеяды высококвалифицированных специалистов, кандидатов и докторов наук, которые активно работают в вузах, НИИ и на производстве.

Мы особенно выделяем Ваши замечательные человеческие качества, доброжелательность, ответственное отношение к делу, эрудицию, интеллигентность и желаем Вам счастья и успехов во всём, многих лет творчества на благо нашего Отечества и во славу РАЕН.

Желаем Вам, дорогой Виктор Петрович, здоровья, благополучия и долгих лет жизни на радость близким, друзьям и коллегам.

Президент РАЕН О. Л. Кузнецов
Почётный вице-президент В. Ж. Аренс
Учёный секретарь горно-металлургической секции Г. Х. Хчеян

Научное издание

ВЕСТНИК

ЗАБАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНАЛЬНОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

На обложке использовано фото Е. Н. Кузьминых.
Горный парк Рускеала. Сортавальский район Республики Карелия

Редактор Е. В. Валюкова
Вёрстка Н. Ю. Добрецкой

Подписано в печать 02.03.2017.
Формат 60×84/8.
Бумага офсетная. Способ печати цифровой.
Усл. печ. л. 11,3. Уч.-изд. л. 9,4.
Заказ № 17018. Тираж 100 экз.

ФГБОУ ВО «Забайкальский государственный университет»
672039, г. Чита, ул. Александро-Заводская, 30