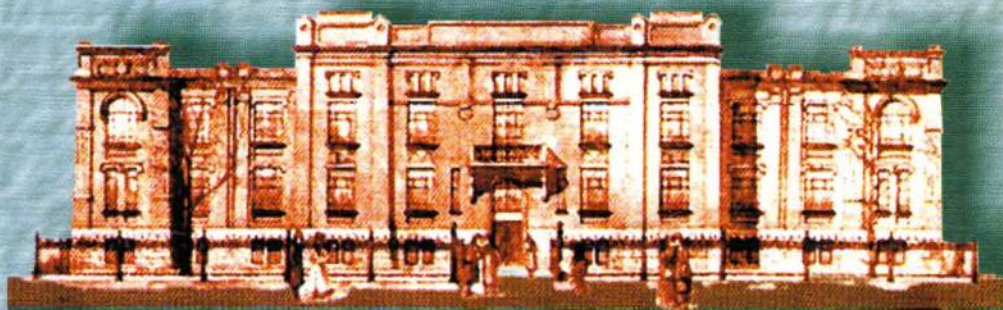


ИЗВЕСТИЯ

**Уральского государственного
горного университета**



Выпуск 3 (39), 2015

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

ИЗВЕСТИЯ

Уральского государственного
горного университета

Научно-технический журнал

Издается с 1918 г.

Выпуск 3(39)

2015

Редакционная коллегия

КОСАРЕВ Николай Петрович (главный редактор) – д-р техн. наук, проф.,
Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург
ГРЯЗНОВ Олег Николаевич (зам. главного редактора) – д-р геол.-минерал. наук, проф.,
Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург
ПОЛЕНОВ Юрий Алексеевич (ученый секретарь) – д-р геол.-минерал. наук, проф.,
Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург
АМДУР Алексей Миронович – д-р техн. наук, проф.,
Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург
БАРАННИКОВ Александр Григорьевич – д-р геол.-минерал. наук, проф.,
Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург
БОЯРСКИХ Геннадий Алексеевич – д-р техн. наук, проф.,
Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург
ВАЛИЕВ Нияз Гадым-оглы – д-р техн. наук, проф.,
Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург
ВЕРШКОВ Александр Федорович – д-р экон. наук,
департамент геологии АО «Волковгеология», г. Алматы, Казахстан
ГОРДЕЕВ Виктор Александрович – д-р техн. наук, проф.,
Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург
ГРЕВЦЕВ Николай Васильевич – д-р техн. наук, проф.,
Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург
ЗОТОВ Алексей Николаевич – д-р техн. наук, проф.,
Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа
ИГНАТЬЕВА Маргарита Николаевна – д-р экон. наук, проф.,
Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург
КОЖУШКО Герман Георгиевич – д-р техн. наук, проф.,
Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург
КОРНИЛКОВ Сергей Викторович – д-р техн. наук, проф.,
Институт горного дела УрО РАН, г. Екатеринбург
КОРОТЕЕВ Виктор Алексеевич – академик РАН, д-р геол.-минерал. наук, проф.,
Институт геологии и геохимии им. А. Н. Заварицкого УрО РАН, г. Екатеринбург
ПОТАПОВ Валентин Яковлевич – д-р техн. наук, проф.,
Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург
ТИМУХИН Сергей Андреевич – д-р техн. наук, проф.,
Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург
ХАЛЬФИН Марат Нурмухамедович – д-р техн. наук, проф.,
Южно-Российский государственный технический университет, г. Новочеркасск

Редакция журнала

Главный редактор Косарев Н. П.
Зам. главного редактора Грязнов О. Н.
Ответственный секретарь Шорина Э. В.

Ответственные редакторы по разделам

Науки о Земле: Баранников А. Г.
Технические науки: Тимухин С. А.
Экономические науки: Игнатьева М. Н.
История университета, юбилейные даты: Поленов Ю. А.

СОДЕРЖАНИЕ

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Грязнов О. Н., Гуляев А. Н., Рубан Н. В., Савинцев И. А., Черкасов С. А.
Факторы инженерно-геологических условий города Екатеринбурга 5

Кисин А. Ю., Поленов Ю. А., Огородников В. Н., Томилина А. В.
Первая находка благородной шпинели на Светлинском месторождении горного хрусталя (Южный Урал) 21

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Афанасьев А. И., Потанов В. Я., Костюк П. А., Макаров В. А.
Краткий обзор пневматических устройств для транспортирования сыпучих смесей и процессов внутри них 28

Иващенко Е. П., Марченко А. Ю., Юдкин Б. Ю., Марченко М. Ю., Салтанов С. Н., Баринов И. М., Викулов Е. А.
Оценка влияния температуры окружающей среды на ресурс деталей и узлов горных машин 39

Чеботарев С. И.
Опыт работы фрезерного комбайна на Коелгинском месторождении мрамора 42

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Фадеечев А. В., Косолапов О. В., Цейтлин Е. М.
Совершенствование обоснования кондиций при геолого-экономической оценке месторождений 47

Валиев В. Н.
Формирование ресурсосберегающей политики предприятия 52

Литвинова А. А., Игнатьева М. Н., Власова Л. В.
Опыт экономической оценки особо охраняемых природных территорий 57

EARTH SCIENCES

Gryaznov O. N., Gulyaev A. N., Ruban N. V., Savintsev I. A., Cherkasov S. A.
Factors of engineering-geological conditions of the Ekaterinburg 5

Kisin A. Yu., Polenov Yu. A., Ogorodnikov V. N., Tomilina A. V.
The first finding of noble spinel in the Svetlinskoye deposit of rhinestone (the South Urals) 21

TECHNICAL SCIENCES

Afanasyev A. I., Potapov V. Ya., Kostyuk P. Ya., Makarov V. A.
Overview of pneumatic devices for the transportation of friable mixes and processes within them 28

Ivashenko E. P., Marchenko A. Yu., Yudkin B. Yu., Marchenko M. Yu., Saltanov S. N., Barinov I. M., Vikulov E. A.
Assessing of the impact of ambient temperature on the life of details and units of mining machines 39

Chebotarev S. I.
Experience of milling combine working in Koelginskoe marble field 42

ECONOMIC SCIENCES

Fadeichev A. V., Kosolapov O. V., Tseitlin E. M.
Improvement of conditions justification at the geological and economic assessment of deposits 47

Valiev V. N.
Formation of the enterprise' resource policy 52

Litvinova A. A., Ignatieva M. N., Vlasova L. V.
Experience in economic evaluation of specially protected areas 57

ЮБИЛЕЙНЫЕ ДАТЫ

Авдонин Владимир Николаевич
(к 90-летию со дня рождения) 63

Бондарев Владимир Иванович (к 80-летию со
дня рождения) 69

Дмитриев Владимир Трофимович
(к 80-летию со дня рождения) 71

ABSTRACTS AND REFERENCES 72

**ТРЕБОВАНИЯ К РУКОПИСЯМ СТАТЕЙ,
НАПРАВЛЯЕМЫМ В ЖУРНАЛ** 75

ANNIVERSARY DATES

Avdonin Vladimir Nikolaevich
(to the 90th anniversary of his birth) 63

Bondarev Vladimir Ivanovich
(to the 80th anniversary of his birth) 69

Dmitriev Vladimir Trofimovich
(to the 80th anniversary of his birth) 71

ABSTRACTS AND REFERENCES 72

**REQUIREMENTS
TO MANUSCRIPTS** 75

Вниманию читателей

Оформить подписку на журнал на 1-е полугодие 2016 года
можно во всех отделениях Почты России
(подписной индекс издания в каталоге Роспечать – 25145)

УДК 556

ФАКТОРЫ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ГОРОДА ЕКАТЕРИНБУРГА

Грязнов О. Н., Гуляев А. Н., Рубан Н. В., Савинцев И. А., Черкасов С. А.

Рассмотрены факторы инженерно-геологических условий г. Екатеринбурга: физико-географические; региональные геологические (геологическое строение, тектоника, история геологического развития; региональный метаморфизм; флюидно-гидротермальные рудообразующие процессы; вещественные инженерно-геологические комплексы; природные геологические процессы; гидрогеологические условия); техногенные (промышленный, сельскохозяйственный техногенез; урбанизация территорий; техногенные и техноприродные геологические процессы; химическое и радиоактивное загрязнение окружающей среды).

Ключевые слова: факторы физико-географические, региональные геологические, техногенные; инженерно-геологические условия.

В материалах конференции «17 Сергеевские чтения. Инженерно-геологические и геоэкологические проблемы городских агломераций» (19–20 марта 2015 г.) нами предложена сокращенная версия доклада «Инженерно-геологические условия г. Екатеринбурга как основа разработки и совершенствования генерального плана развития города» [1]. Настоящая статья предлагает познакомиться с более полной характеристикой факторов, определяющих инженерно-геологические условия г. Екатеринбурга, находящегося в сложной геолого-тектонической позиции средней части Уральского складчатого пояса.

Инженерно-геологические условия территорий (ИГУ), по В. Д. Ломтадзе [2], – это геологические условия, «определяющие планирование, размещение и выбор районов и мест расположения различных сооружений, их проектирование, строительство, устойчивость и эксплуатацию, а также другие виды хозяйственного использования территорий». В свою очередь ИГУ определяются взаимодействием региональных геологических, зональных и техногенных факторов [3, 4].

Физико-географические факторы (орографические, гидрологические, климатические условия территории) – факторы, ответственные за современное состояние инже-

нерно-геологических условий.

Екатеринбург – самый крупный город Урала, являющийся административным, промышленным и культурным центром Свердловской области. Город расположен на рубеже восточных предгорий Среднего Урала (Восточно-Уральских увалов) и Зауральской складчатой возвышенности по берегам реки Исеть, на 50°50' северной широты и 60°38' восточной долготы на высотах 250–300 м над уровнем моря. Полоса восточных предгорий на широте города состоит из вытянутых с севера на юг невысоких, но длинных увалов, чередующихся с широкими понижениями. Высоты увалов колеблются от 280 до 300 м. Глубина вреза долины р. Исеть редко бывает больше 40–60 м. Из-за деятельности реки увалы расчленены на обособленные сопки-холмы. В понижениях, среди гранитных массивов этой полосы предгорий, расположены озёра (Шувакиш, Шарташ). Нередко понижения заняты болотами [5].

Долина р. Исеть на территории города довольно широкая, имеет хорошо выраженные пойменные террасы (низкую и высокую). Более древние террасы в городской черте почти не выражены. Большая часть территории города характеризуется выровненной поверхностью, несколько покатой к долине реки.

Главная водная артерия города р. Исеть – крупный левый приток Тобола. Основным источником питания реки является поверхностный сток от выпадения осадков и снеготаяния. Среднемноголетний расход реки – 5,5 м³/с. Средние высоты левобережной части долины 250–270 м, правобережной – 280–300 м. Характерной особенностью реки в городе является ее сильная зарегулированность, из-за чего естественный сток сильно изменен. С постройкой четырех городских плотин и образованием водоемов (прудов) режим стока реки принял озерный характер. Самый большой приток Исети в городской черте – река Патрушиха на юге, сохранившийся северный приток р. Ольховка. Всего по данным схем города 1788, 1826 и 1947 годов в границах современного Екатеринбурга р. Исеть имела 10 притоков. Слева это (с севера на юг) – Ольховка (ранее Березовка), Мельковка (Основинка), Малаховка, Сухая, Ольховка и Черная. Справа – Алексеевка, Монастырка, Черемшанка и Патрушиха (ранее Уктус). Все притоки кроме Патрушихи и Ольховки взяты в трубы и бетонные коллекторы.

Уральский хребет, несмотря на сравнительно небольшие высоты, служит естественной преградой на пути преобладающего западного переноса воздушных масс. Влияние гор приводит к ослаблению западного потока, изменению направления движения циклонов и антициклонов, замедлению их движения, к деформации при переваливании через горы барических образований и атмосферных фронтов. Благодаря этим процессам Урал, с одной стороны, часто оказывается открыт для вторжения близко соседствующих холодных арктических масс воздуха или сильно выхолаженного континентального воздуха Западно-Сибирской равнины, с другой – для проникновения с юга теплых масс Прикаспия и среднеазиатских пустынь. Этим объясняется периодическое формирование характерных для Урала погодных аномалий: от сурово-морозной или необычно теплой погоды зимой, до жаркой или холодной ненастной погоды летом.

Положение города в центре Евразии на восточном склоне Уральского хребта опре-

деляет умеренно-континентальный климат. Среднегодовая температура воздуха составляет +12 °С. Средняя температура наиболее холодного месяца января –20 °С, средняя минимальная температура самого теплого месяца июля +22,9 °С. Распределение осадков зависит от циркуляции воздушных масс, рельефа, температуры воздуха. Основную часть осадков приносят циклоны с западным переносом воздушных масс. Среднегодовая сумма осадков составляет 550–650 мм. Максимум осадков приходится на теплый сезон, в течение которого выпадает около 60–70 % годовой суммы. В зимний период образуется снежный покров мощностью до 70 см. Коэффициент увлажнения колеблется в пределах 1,2–1,6. По степени увлажненности г. Екатеринбург относится к зоне достаточного увлажнения.

Региональные геологические факторы включают: геологическое строение, тектонику, историю геологического развития; региональный метаморфизм; флюидно-гидротермальные рудообразующие процессы; вещественные инженерно-геологические комплексы; природные геологические процессы и связанные с ними явления; гидрогеологические условия. Природное загрязнение окружающей среды г. Екатеринбурга и прилегающих территорий на сегодня «искажено», а на большей части площади «перекрыто» техногенным химическим и радиоактивным загрязнением.

Геологическое строение, тектоника, история геологического развития. Территория города располагается в пределах юго-западного окончания Свердловского синклиория, граничащего на западе с Верхотурско-Верхисетским мегантиклинием. Их граница фиксируется Верх-Исетским разломом, входящим в систему регионального Серовско-Маукского разлома. Южная часть площади размещается на северном замыкании Сысертско-Ильменогорского мегантиклиория. Восточная граница Свердловского синклиория с Мурзинско-Адуйским антиклинием Сосьвинско-Коневского мегантиклиория расположена восточнее рассма-

триваемой территории. Названные структуры III-II порядка представляют среднюю часть Восточно-Уральского инженерно-геологического региона.

Наиболее древними комплексами стратифицированных горных пород являются основные эффузивы, их брекчии и туфы, метаморфические породы (порфиритоиды, зеленые сланцы с меняющимися соотношениями эпидота, актинолита и хлорита) нейвинской свиты O_3 . Стратиграфически выше они перекрыты переслаивающимися с фациальным замещением филлитизированными глинистыми, глинисто-кремнистыми, углесто-глинисто-кремнистыми, филлитовыми, графитисто-кварцевыми, хлорит-слюдисто-кварцевыми сланцами с подчиненным значением зеленых сланцев, порфиритоидов и порфиритов базальтового состава невянской свиты ландоверийского яруса S_1 . Выше по разрезу залегают базальтовые порфириты и диабазы, кварцевые альбитофиры, их брекчии и туфы, в разной степени метаморфизованные до порфиритоидов и зеленых сланцев, серицитовых кварцитов кировградской свиты венлокского яруса S_1 . Более молодыми стратифицированными образованиями являются диабазы, диабазовые порфириты, их туфы, туффиты, туфопесчаники с прослоями известняков $D_{2,3}$ (рис. 1).

Широким распространением на площади пользуются интрузивные горные породы. Они представлены дунит-пироксенитовой ассоциацией Уктусского массива ($D_{2,3}$), гипербазитами (серпентинитами) юго-восточного окончания Пышминско-Ключевского массива и мелкими (от десятков-сотен метров до 1,5–2,2 км) линзовидными и неправильной формы телами апогипербазитовых тальк-карбонатных пород ($D_{1,2}$), габбро Балтымского массива ($D_{2,3}$), гранитоидами Верх-Исетского ($C_{1,3}$), Шарташского ($C_{1,3}$), Большеистокского ($C_{1,3}$) и других массивов, а также серий даек и малых тел гранитоидов ($C_{2,3}$).

Тектоническая позиция территории города обусловила широкое развитие разно-масштабных разрывных нарушений, представленных системами субмеридиональных,

диагональных и близширотных разломов. Мезозойские коры выветривания и четвертичные образования (делювиальные, аллювиальные, озерно-болотные) формируют чехол покровных отложений, перекрывающих коренные горные породы на всей территории города. Лишь на возвышенных участках элювиальных ландшафтов на поверхности обнажаются, как правило, интрузивные горные породы.

Региональный метаморфизм представлен образованиями пяти геологических типов: региональных зеленокаменного и зеленосланцевого, симатического (фемического) плутонометаморфизма, дислокационного и контактного метаморфизма (рис. 2). Региональный зеленокаменный метаморфизм зеленосланцевой фации проявился в вулканогенных горных породах и гипербазитах. Он выразился в зеленокаменном изменении (актинолитизации, эпидотизации, хлоритизации) эффузивов и их туфов, серпентинизации гипербазитов, их отальковании и карбонатизации. Региональным зеленосланцевым метаморфизмом фации зеленых сланцев вулканогенные горные породы преобразованы в эпидот-актинолит-хлоритовые сланцы, а терригенные породы – в альбит-хлорит-серицитовые, хлорит-серицит-кварцевые сланцы. Симатический (фемический) плутонометаморфизм связан со становлением офиолитовых комплексов. К их числу принадлежит Уктусский массив метагипербазитов, горные породы которого образованы в условиях гранулитовой, амфиболитовой и эпидот-амфиболитовой фаций, а также тела серпентинитов линзовидной и сложной формы, контролируемые разломной тектоникой (см. рис. 1), преобразованные в условиях эпидот-амфиболитовой фации. Дислокационный метаморфизм фации зеленых сланцев обусловил образование в зонах разломов хлоритовых, хлорит-серицитовых, кварц-серицитовых сланцев. В экзоконтактах Верх-Исетского, Шарташского и Большеистокского гранитных массивов вмещающие горные породы метаморфизованы в условиях амфибол-роговиковой и амфибол-эпидот-роговиковой фаций до образования

биотитовых, мусковитовых, амфиболовых, полевошпатовых роговиков.

Флюидно-гидротермальные рудообра-

зующие процессы. Рудоносные метасоматические формации месторождений Урала детально охарактеризованы в монографии [6].

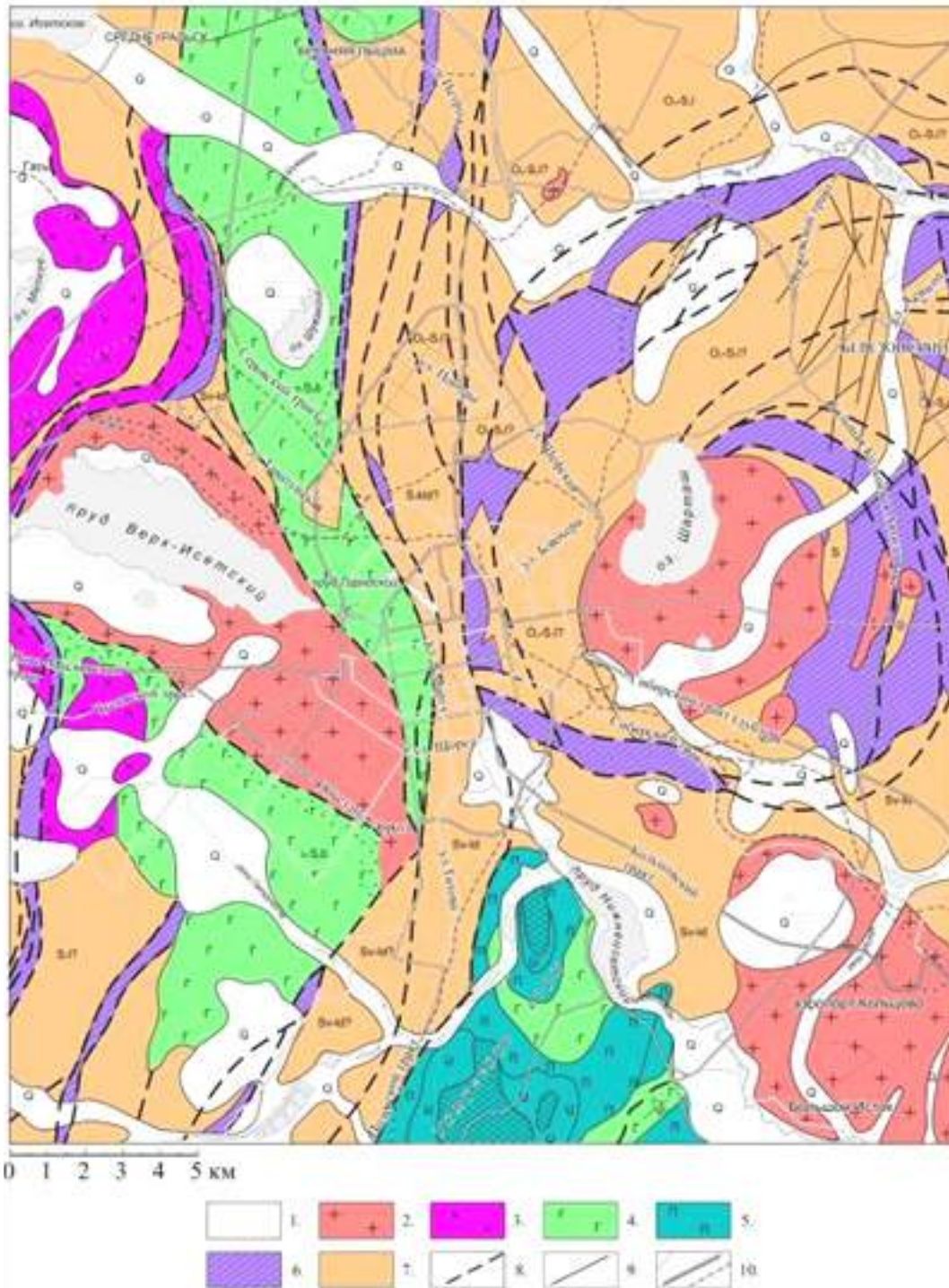


Рис. 1. Схематическая геологическая карта Екатеринбурга по Г. Н. Кузовкову, Д. А. Двоглазову, Д. С. Вагшалю, НПО «Уралгеология», 1987. Компьютерная графика Михайловой Н. В., 2015 г.:
 1 – четвертичные отложения относительно увеличенной мощности; 2 – граниты; 3 – диориты; 4 – габбро; 5 – перидотиты; 6 – серпентиниты; 7 – вулканогенно-осадочные породы ранне-средне-палеозойского возраста; 8 – предполагаемые разломы; 9 – дайки гранит-аплитов; 10 – улицы, дороги, железные дороги.

Остановимся на кратком описании метасоматитов на прилегающей к г. Екатеринбург территории и отчасти в пределах городской черты. К ним относятся метасоматиты лиственит-березитовой формации Березовского рудного поля, района г. Верхней Пышмы и юго-восточной части площади, гумбеиты

Шарташского гранитного массива, кварц-хлорит-серицитовые метасоматиты и тальк-карбонатные породы (рис. 2).

На рис. 2 представлен фрагмент карты рудоносных метасоматических формаций и метаморфизма листа О-41-XXV М 1:200000 (г. Екатеринбург и его окрестностей). Большая

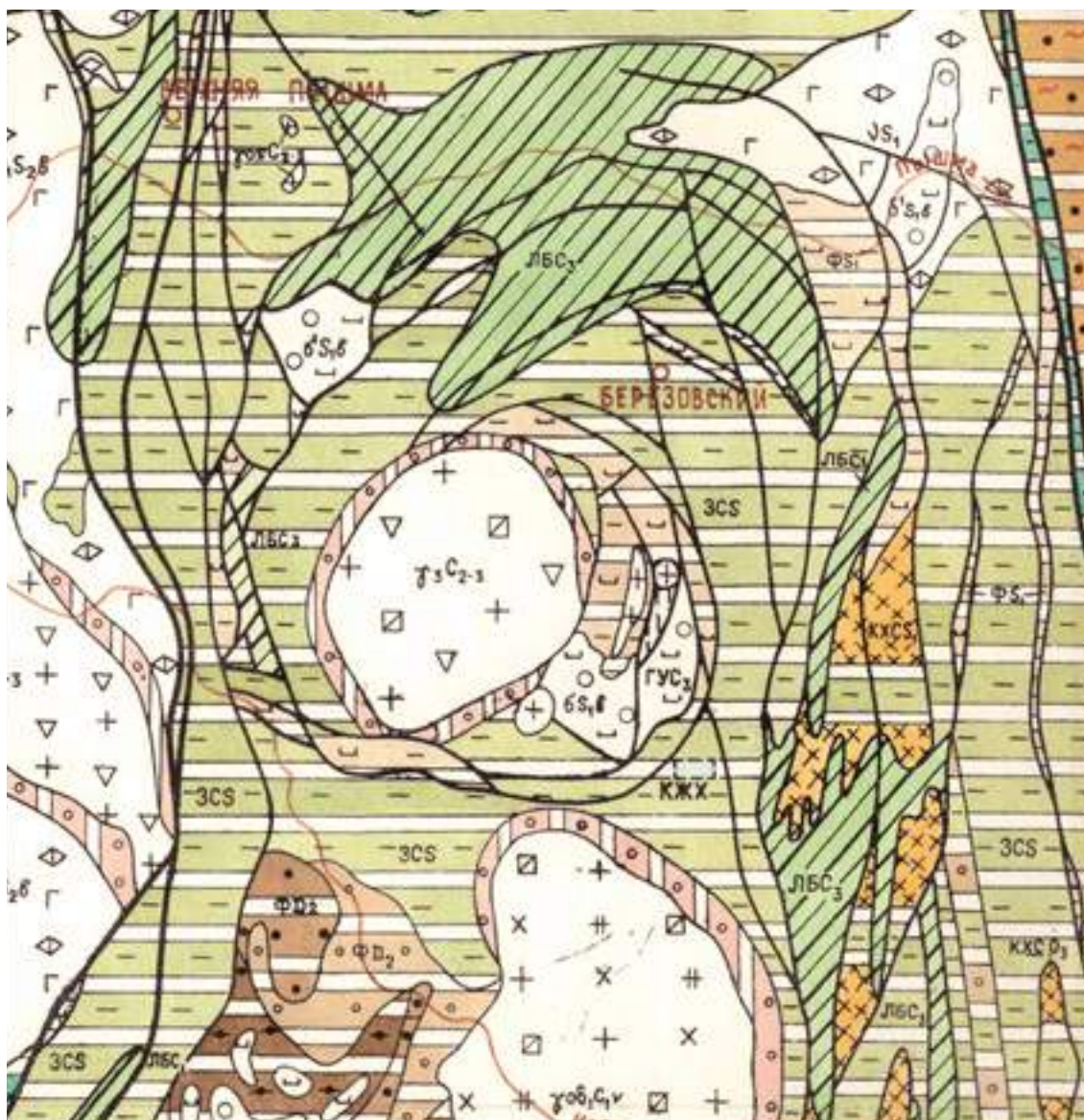


Рис. 2. Фрагмент карты рудоносных метасоматических формаций и метаморфизма листа О-41-XXV М 1:200000. Сост. Грязнов О. Н., 1991 г. Пояснения в тексте.

часть территории принадлежит Свердловскому синклинию, вулканогенно-осадочные комплексы которого (О-S₁) метаморфизованы в условиях зеленосланцевой фации регионального зеленосланцевого метаморфизма (ЗС) с реликтами зеленокаменного метаморфизма вулканитов. Уктусский массив метаги-

пербазитов (южная часть площади) представлен породами, претерпевшими симатический (фемический) плутонометаморфизм от гранулитовой и амфиболитовой фаций в центре до эпидот-амфиболитовой фации на периферии (ФД₂). Гипербазиты (серпентиниты), окружающие Шарташский гранитный массив (см.

рис. 1) изменены на уровне эпидот-амфиболитовой фации симатического плутонометаморфизма (ΦS_1). Свердловский синклиорий на западе через систему Верх-Исетских разломов граничит с Верхотурско-Верх-Исетским мегантиклиорием, представленным южно-восточным сателлитом одноименного массива гранитоидов, прорывающим Балтымский габбровый массив. На северо-востоке синклиорий через систему разломов граничит с Мурзинско-Адуйским антиклиорием, горные породы которого пережили сиалический плутонометаморфизм на уровне амфиболитовой фации. В экзоконтактах массивов гранитоидов вмещающие горные породы подверглись контактовому метаморфизму на уровне эпидот-амфиболитовой (амфибол-эпидот-роговиковой) фации. Автометасоматические изменения в массивах интрузивных горных пород: в гранитах – калишпатизация, окварцевание, мусковитизация, в габброидах – уралитизация, в гипербазитах – серпентинизация. Рудоносные метасоматические формации представлены широко распространенными ареалами листовенит-березитовой формации ($ЛБС_2$), формации кварц-хлорит-серицитовых метасоматитов ($КХС_1$). Локально проявлены гумбеиты в пределах Шарташского массива и тальк-карбонатные метасоматиты в серпентинитах S_1 .

Березовское золоторудное месторождение жильного типа расположено на северной периферии Шарташского гранитного массива во вмещающих горных породах кровли его экзоконтакта (рис. 2). Оно является первым золоторудным месторождением России, открыто крестьянином деревни Шарташ Ерофеем Марковым в 1745 г. и до сих пор является действующим градообразующим объектом. Рудные жилы месторождения сопровождаются ореолами березитов и листовенитов. Березиты формируются по дайкам гранит-порфиров и имеют состав: кварц + серицит (мусковит) + карбонат (анкерит, доломит) + пирит. По порфиритам и серпентинитам образуются серые (с хлоритом) и зеленые (с фукситом) листовениты состава: кварц + хлорит (фуксит) + карбонат (доломит, браннерит) + пирит.

Рудное поле Березовского месторождения своим юго-западным и западным флангом примыкает к городской черте г. Екатеринбурга. Его разработка подземным способом длится уже 270 лет. В пределах рудного поля, по данным краеведческого музея г. Березовского, пройдены десятки шахт и глубоких шурфов, документация по которым не сохранилась. Ее отсутствие серьезно осложняет работы изыскателей при изучении инженерно-геологических условий и строителей.

Гумбеиты слабозолотоносных кварцевых жил Шарташского массива гранитоидов сложены микроклином (29 %), серицитом (33 %) с примесью карбоната (анкерита) и пирита (1,5 %). Остальной объем породы представлен реликтивными минералами исходных гранодиорит-порфиров (плагиоклаз, кварц).

Кварц-хлорит-серицитовые метасоматиты на Урале контролируют локализацию колчеданных месторождений в горных породах базальтового состава S-D возраста. На рассматриваемой территории колчеданных месторождений не выявлено. На Среднем Урале медно-колчеданные месторождения относятся к типу метаморфизованных. В окружении Екатеринбурга на расстоянии 15–60 км известны отработанные промышленные месторождения Дегтярское, Пышминско-Ключевское (Верхняя Пышма), Калотинское (Кировград), рудопроявления Первоуральского и Полевского районов. В обобщающем виде зональность месторождений (по составу рудоносных пород) выглядит следующим образом: кварц-хлорит-эпидотовые сланцы (по пропилитам) – кварц-хлоритовые сланцы – кварц-хлорит-серицитовые сланцы – кварц-серицитовые сланцы. В метасоматитах и сланцах постоянно присутствует пирит в количестве 1–5 % и более.

Под термином *тальк-карбонатные породы* объединены метасоматиты тальк-магнезитовой формации: тальк-магнезитовые, тальк-хлоритовые метасоматиты, талькиты (тальк, хлорит, карбонат). Последний представлен магнезитом, доломитом, кальцитом, брейнеритом. Тальк-карбонатные метасоматиты развиваются в гипербазитах (серпентинитах)

под влиянием сиалического плутонометаморфизма либо под воздействием постгранитных флюидно-гидротермальных процессов. Оталькование развивается в краевых частях линзовидных тел гипербазитов, согласных со складчатостью, или внутри них по зонам рассланцевания, трещиноватости и дробления. Ближайшим к городу является крупное Шабровское месторождение талька и талькового камня.

Флюидно-гидротермальные процессы существенно преобразуют состав и свойства горных пород коренной основы, что влияет на их физико-механические свойства. Метасоматические горные породы представляют собой тип горных пород, в большей части не-

устойчивых в зоне гипергенеза [7, 8].

Вещественные инженерно-геологические комплексы в нашем понимании – массивы горных пород коренной основы и перекрывающие их покровные отложения различных генетических типов со свойственными им инженерно-геологическими характеристиками: составом, структурой, текстурой и свойствами [9].

На территории г. Екатеринбурга горные породы коренной основы представлены разнообразными сланцами, базальтовыми, андезибазальтовыми порфиритами и их туфами, гранитами, габбро и гипербазитами. Некоторые физико-механические свойства коренных пород отражены в табл. 1.

Таблица 1

Плотность и предел прочности на одноосное сжатие в водонасыщенном состоянии горных пород коренной основы г. Екатеринбурга [1]

Горные породы	$\rho, \text{ г/см}^3$			$R_{c \text{ вод.}} \text{ МПа}$		
	$\frac{X_{\text{min}} - X_{\text{max}}}{X_{\text{cp}}}$	n	V	$\frac{X_{\text{min}} - X_{\text{max}}}{X_{\text{cp}}}$	n	V
Граниты малопрочные	$\frac{2,52-2,70}{2,60}$	16	0,02	$\frac{5,3-19,8}{10,8}$	70	0,25
Граниты прочные и очень прочные	$\frac{2,53-2,77}{2,67}$	21	0,03	$\frac{50,4-124,2}{71,9}$	96	0,23
Габбро малопрочные	$\frac{2,68-3,72}{2,87}$	19	0,08	$\frac{5,5-14,7}{8,6}$	115	0,23
Габбро прочные и очень прочные	$\frac{2,89-2,92}{2,90}$	3	0,00	$\frac{37,8-106,8}{69,8}$	53	0,26
Серпентинит малопрочный	$\frac{2,32-2,44}{2,40}$	11	0,01	$\frac{6,1-14,2}{9,9}$	45	0,10
Серпентинит прочный	$\frac{2,57-2,75}{2,67}$	24	0,03	$\frac{50,4-86,3}{66,7}$	16	0,27
Порфириты малопрочные	$\frac{1,75-2,84}{2,55}$	22	0,11	$\frac{5-13,7}{6,0}$	55	0,27
Порфириты прочные и очень прочные	$\frac{2,69-3,01}{2,88}$	10	0,04	$\frac{51,6-157,9}{98,2}$	26	0,30
Сланцы малопрочные	$\frac{2,53-2,84}{2,70}$	6	0,05	$\frac{5,1-12,7}{7,7}$	24	0,23
Сланцы прочные и очень прочные	$\frac{2,70-2,89}{2,82}$	6	0,03	$\frac{52,6-90,9}{70,7}$	13	0,21

ρ – плотность пород, $R_{c \text{ вод.}}$ – предел прочности на одноосное сжатие в водонасыщенном состоянии; n – количество определений; V – коэффициент вариации.

Ведущая роль среди покровных образований (элювиальных, делювиальных, аллювиальных, озерно-болотных и техногенных) (рис. 3) принадлежит корам химического вы-

ветривания. Первая сводная характеристика элювиальных грунтов приведена в кандидатской диссертации Л. И. Подкорытовой в 1984 г. [10]. Ею выделены 3 морфологических

типа кор выветривания: площадной, трещинно-площадной и контактово-площадной. В разрезе коры выветривания гидрослюдисто-монтмориллонитового профиля обособлены

трещинная, обломочная и дисперсная зоны, разделенные, в свою очередь, на горизонты. Наиболее мощные коры сформировались на сланцах невянской свиты с дисперсной зо-

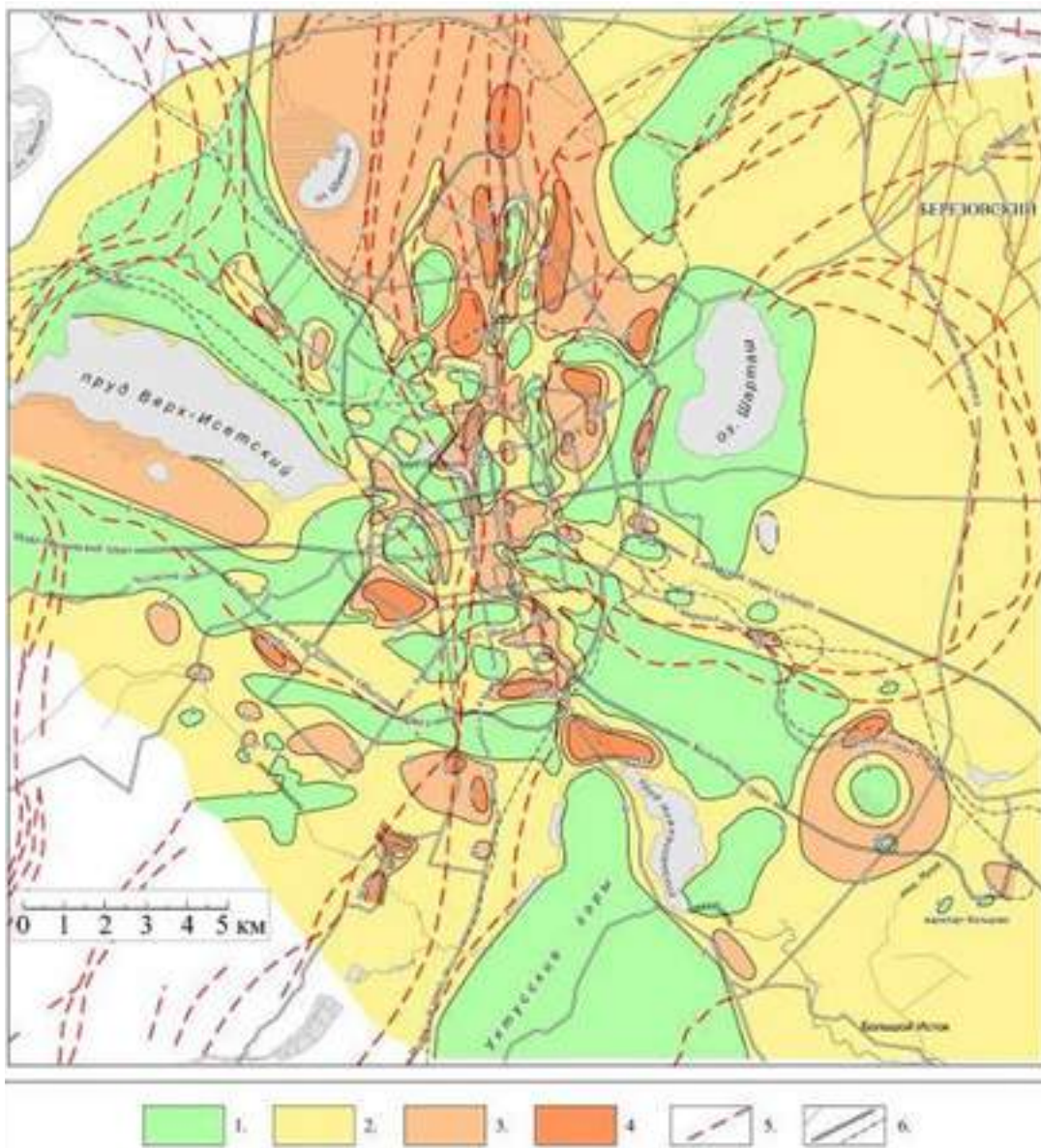


Рис. 3. Схема совокупной мощности грунтов чехла коры выветривания, четвертичных отложений и техногенных насыпных грунтов (мощности грунтов второй категории по сейсмическим свойствам по классификации СНиП II-7-81*) на территории Екатеринбурга, м (сост. Гуляев А. Н., Институт геофизики УрО РАН, 2015 г., по данным инженерно-геологических изысканий, выполненных различными организациями на территории города. Компьютерная графика Михайловой Н. В.):

1-4 – участки, в пределах которых совокупная мощность грунтов чехла коры выветривания, четвертичных отложений и техногенных насыпных грунтов (грунтов второй категории по сейсмическим свойствам по классификации СНиП II-7-81*) составляет 1 – менее 5 м, 2 – от 5 до 10 м, 3 – от 10 до 15 м, 4 – более 15 м; 5 – разломы, отраженные на Государственной геологической карте СССР масштаба 1:200 000. Серия Среднеуральская. Лист О - 41- XXV, сост. Кузюковым Г. Н., Двоглазовым Д. А., Вагшалем Д. С., ред. Рапорт М. С., НПО «Уралгеология», 1987; 6 – улицы, дороги, железные дороги

ной 10–18 м и эффузивах кировградской свиты с дисперсной зоной мощностью от 1–15 до 50 м. На габбро Балтымского массива

кора выветривания неполного профиля имеет меньшую мощность при дисперсной зоне 3–8 м супесчаного и суглинистого состава. На

Физико-механические свойства грунтов дисперсной и обломочной зон коры выветривания горных пород коренной основы г. Екатеринбург

Показатели свойств	Сланцы						Порфирилы						Граниты						Габбро											
	Суглинок			Щебенистый грунт			Суглинок			Щебенистый грунт			Суглинок			Щебенистый грунт			Суглинок			Щебенистый грунт								
	<i>n</i>	<i>x_{ср}</i>	<i>V</i>	<i>n</i>	<i>x_{ср}</i>	<i>V</i>	<i>n</i>	<i>x_{ср}</i>	<i>V</i>	<i>n</i>	<i>x_{ср}</i>	<i>V</i>	<i>n</i>	<i>x_{ср}</i>	<i>V</i>	<i>n</i>	<i>x_{ср}</i>	<i>V</i>	<i>n</i>	<i>x_{ср}</i>	<i>V</i>	<i>n</i>	<i>x_{ср}</i>	<i>V</i>	<i>n</i>	<i>x_{ср}</i>	<i>V</i>	<i>n</i>	<i>x_{ср}</i>	
<i>P_d</i> , г/см ³	31	1,99	0,01	12	2,21	0,07	8	2,07	0,05	11	2,09	0,04	7	2,39	0,14	12	2,03	0,04	25	1,96	0,06	28	2,06	0,08	33	2,01	0,02	12	2,14	0,03
<i>P_{ср}</i> , г/см ³	31	1,60	-	5	1,83	-	-	-	-	11	1,71	-	8	2,09	-	12	1,66	-	17	1,66	-	11	1,68	-	33	1,71	-	12	1,92	-
<i>P_p</i> , г/см ³	31	2,83	-	11	2,84	-	4	2,78	-	11	2,82	-	8	2,83	-	12	2,86	-	25	2,77	-	11	2,68	-	33	2,81	-	12	2,94	-
<i>W_d</i> , д. е.	31	0,25	0,03	16	0,11	-	4	0,19	-	20	0,22	0,05	18	0,12	-	12	0,22	0,08	27	0,19	0,04	23	0,10	-	34	0,18	0,03	19	0,12	-
<i>W_p</i> , д. е.	31	0,40	-	15	0,27	-	9	0,32	-	11	0,37	-	13	0,27	-	12	0,35	-	30	0,29	-	30	0,26	-	36	0,32	-	19	0,27	-
<i>W_p</i> , д. е.	31	0,26	-	15	0,18	-	9	0,25	-	11	0,26	-	13	0,18	-	12	0,26	-	30	0,24	-	30	0,21	-	36	0,23	-	19	0,20	-
<i>I_p</i> , д. е. д.	31	0,14	-	17	0,08	-	9	0,07	-	11	0,10	-	13	0,08	-	12	0,08	-	30	0,06	-	34	0,04	-	36	0,09	-	19	0,07	-
<i>n</i> , %	31	44	-	11	32	-	4	40	-	11	40	-	7	33	-	12	42	-	25	40	-	10	35	-	33	39	-	12	35	-
<i>e</i> , д. е.	31	0,78	-	11	0,47	-	4	0,66	-	11	0,66	-	7	0,49	-	12	0,73	-	25	0,69	-	10	0,55	-	33	0,65	-	12	0,53	-
<i>φ</i> , град	24	22	0,20	-	-	-	-	-	-	10	26	0,16	-	-	-	5	25	0,17	16	29	0,11	3	35	0,12	25	23	0,12	-	-	-
<i>C</i> , МПа	23	0,042	0,26	-	-	-	-	-	-	10	0,045	0,20	-	-	-	5	0,036	0,23	16	0,031	0,42	3	0,030	0,22	23	0,030	0,28	-	-	-
<i>E</i> , МПа	23	4,8	0,46	-	-	-	-	-	-	7	3,9	0,13	-	-	-	6	4,5	0,32	14	5,0	0,31	5	4,9	0,30	25	4,9	0,26	-	-	-
Гранулометрический состав, мм		27		5		1					71						27		5				5		7			1		
		40		13		4					0						0		15				6		28			9		
		17		21		15		10		11	14		22	16		4	22		43			60	30		55		19	21		
		10		30		14		14			12		18	18			33		29				34		7		17			
		6		31		66					2		54	54			18		9				25		2		52			

P – плотность грунта, *P_d* – плотность сухого грунта, *P_s* – плотность минеральной части, *W* – влажность, *W_L* – влажность на границе текучести, *W_p* – влажность на границе раскатывания, *I_p* – число пластичности, *e* – пористость, *n* – пористость, *φ* – коэффициент пористости, *φ* – угол внутреннего трения, *E* – модуль деформации. Грансостав грунтов по фракциям в %.

Физико-механические свойства дисперсных грунтов г. Екатеринбург

Вид грунта	Плотность, г/см ³	Влажность, д. е.	Пористость, %	Коэфф. пористости, д. е.	Предел текучести, д. е.	Предел раскатывания, д. е.	Число пластичности, д. е.	Компр. модуль общей деформации, МПа	Угол внутреннего трения, град.	Удельное сцепление, МПа
<i>Элювиальные грунты по границам</i>										
Суглинки	1,77–2,18 ^а 2,04 (28)	0,102–0,522 0,228 (34)	31,0–48,76 41,5 (29)	0,449–0,951 0,709 (29)	0,235–0,672 0,393 (39)	0,164–0,414 0,291 (39)	0,070–0,167 0,102 (39)	2,1–5,4 3,6 (13)	13–29 24 (11)	0,013–0,063 0,038 (11)
Супеси	1,76–2,16 2,00 (8)	0,133–0,245 0,190 (8)	32,9–43,46 38,1 (8)	0,490–0,770 0,623 (8)	0,246–0,335 0,295 (7)	0,181–0,295 0,237 (7)	0,026–0,067 0,058 (7)	4,5–8,3 6,4 (2)	21–32 27 (2)	0,023–0,030 0,026 (2)
<i>Элювиальные грунты по метаморфическим горным породам</i>										
Глины	1,69–2,09 1,86 (25)	0,160–0,475 0,348 (26)	41,5–60,0 51,0 (25)	0,711–1,530 1,063 (25)	0,430–0,650 0,566 (26)	0,253–0,457 0,340 (26)	0,171–0,300 0,226 (26)	1,9–5,9 3,0 (17)	15–31 21 (18)	0,020–0,063 0,035 (17)
Суглинки	1,71–2,18 1,98 (31)	0,112–0,470 0,274 (34)	29,6–59,7 42,9 (31)	0,420–1,375 0,771 (31)	0,270–0,690 0,427 (34)	0,180–0,530 0,305 (34)	0,071–0,160 0,123 (34)	2,6–6,3 4,6 (17)	17–28 24 (23)	0,023–0,060 0,035 (22)
<i>Элювиальные грунты по габро</i>										
Суглинки	1,78–2,18 2,01 (10)	0,180–0,273 0,222 (10)	37,5–49,2 42,6 (10)	0,600–0,970 0,749 (10)	0,348–0,580 0,384 (10)	0,233–0,333 0,300 (10)	0,071–0,194 0,094 (10)	1,9–6,5 4,2 (9)	24–39 30 (9)	0,018–0,067 0,046 (8)
Супеси	1,90–2,35 2,07 (15)	0,098–0,190 0,145 (16)	27,6–43,6 36,0 (15)	0,382–0,773 0,572 (15)	0,262–0,424 0,334 (18)	0,212–0,343 0,284 (18)	0,020–0,073 0,049 (16)	5,3–11,8 4,1 (13)	21–45 35 (8)	0,010–0,097 0,055 (8)
<i>Делювиальные грунты</i>										
Глины	1,94–2,17 2,00 (11)	0,200–0,296 0,255 (11)	36,7–46,8 42,8 (11)	0,579–0,881 0,753 (11)	0,373–0,523 0,440 (11)	0,190–0,305 0,238 (11)	0,173–0,260 0,203 (11)	3,3 (2)	16–25 20 (5)	0,022–0,040 0,031 (5)
Суглинки	1,81–2,16 2,05 (17)	0,155–0,270 0,221 (18)	33,8–44,1 38,3 (17)	0,511–0,788 0,619 (18)	0,230–0,395 0,331 (18)	0,156–0,259 0,212 (18)	0,070–0,152 0,118 (18)	3,0–7,4 4,7 (7)	17–29 23 (10)	0,020–0,053 0,036 (9)
<i>Аллювиальные грунты</i>										
Глины	1,57–2,09 1,91 (12)	0,190–0,696 0,326 (13)	35,6–59,6 45,6 (12)	0,554–1,474 0,863 (12)	0,360–0,822 0,476 (13)	0,174–0,474 0,248 (13)	0,180–0,348 0,228 (13)	1,2–3,3 2,2 (2)	14–22 19 (9)	0,009–0,047 0,027 (9)
Суглинки	1,81–2,23 2,02 (18)	0,160–0,310 0,221 (20)	29,5–50,9 39,3 (18)	0,423–1,040 0,670 (18)	0,220–0,450 0,306 (20)	0,130–0,244 0,180 (20)	0,097–0,170 0,120 (20)	2,2–6,7 4,2 (10)	13–27 22 (14)	0,010–0,050 0,030 (14)
<i>Озерно-болотные грунты</i>										
Торф	0,94–1,18 1,01 (12)	1,056–4,950 3,599 (15)	73,5–89,8 85,1 (10)	2,777–8,098 6,274 (10)				0,10–0,21 0,14 (4)	19–27 22 (4)	0,007–0,021 0,011 (4)
Суглинки и глины	1,78–2,07 1,94 (28)	0,130–0,530 0,300 (29)	33,2–53,0 44,7 (28)	0,498–1,118 0,829 (28)	0,170–0,610 0,378 (30)	0,110–0,338 0,216 (30)	0,108–0,280 0,161 (30)	1,7–5,9 2,7 (10)	9–27 17 (16)	0,021–0,033 0,028 (15)

X) min – max
C(n)

гранитах Верх-Исетского и Шарташского массивов кора выветривания сложена в основном обломочным материалом при мощности дресвяного горизонта до 40 м и дисперсной зоне 0–5 м супесчаного состава. Физико-механические свойства малопрочных грунтов зоны экзогенной трещиноватости коры выветривания горных пород коренной основы приведены в табл. 1, а обломочной и дисперсной зон – в табл. 2. Физико-механические свойства дисперсных грунтов элювиальных, делювиальных, аллювиальных, озерно-болотных отложений г. Екатеринбурга, по данным О. Н. Овечкиной, отражены в табл. 3. С позиций благоприятности ИГУ строительства наилучшие условия свойственны скальным породам, не нарушенным разломными дислокациями. На площадях развития кор выветривания наиболее благоприятными являются элювиальные образования на гранитах, а наименее благоприятными – элювиальные грунты на сланцах невьянской свиты и порфиридах кировградской свиты.

Природные геологические процессы – важный компонент ИГУ г. Екатеринбурга. Остановимся на главных, определяющих условиях современного высотного и подземного строительства. К ним относятся сейсмические процессы и выветривание.

Сейсмические процессы. Уральский складчатый пояс на современном этапе характеризуется редко происходящими ощутимыми землетрясениями силой от 3–4 до 5–6 баллов по шкале MSK-64, большая часть эпицентров которых локализована в пределах Среднего Урала и прилегающих к нему частей Северного и Южного Урала [12, 13]. Екатеринбург располагается в пределах Средне-Уральской области редко происходящих ощутимых землетрясений, названной в работе [14] Средне-Уральским сейсмодоменом и охватывающей пограничную зону Камско-Башкирского мегасвода Восточно-Европейской платформы (ВЕП) и субмеридионального вендско-герцинского Уральского горно-складчатого пояса.

За период 1788–2014 гг. в пределах Средне-Уральского сейсмодомена было отмечено 43 ощутимых землетрясения силой от 3–4 до 5–6 баллов по шкале MSK-64 в эпицентрах [12, 13]. Из них лишь одно природное событие – Билимбаевское землетрясение 17.08.1914 г.

– имело в эпицентре силу 6 баллов. Магнитуда этого события по результатам инструментальных наблюдений оценивается в 4,5–5 баллов. Очаги большей части ощутимых землетрясений Среднего Урала локализованы предположительно в породах дорифейского кристаллического фундамента на глубинах от первых километров до 25 км.

На территории Екатеринбурга, согласно [14], ощутимые сейсмические сотрясения за период продолжительностью 225 лет отмечались три раза: 23.05.1798 силой 3–4 балла, 10.07.1892 г. силой 3 балла, и 17.08.1914 силой порядка 5 баллов по шкале MSK-64.

До 1997 года Средний Урал относился к регионам, где при проектировании инженерных сооружений сила возможного сейсмического воздействия не учитывалась. В 1997 году по результатам Общего сейсмического районирования территории Российской Федерации ОСР-97 [15, 16] Средний Урал и прилегающие к нему части Южного и Северного Урала были отнесены к районам, где при проектировании и строительстве инженерных сооружений необходимо учитывать сейсмичность – величину расчетной силы сейсмического воздействия. Согласно результатам ОСР-97 и результатам районирования центральной части Уральского региона по величине расчетной силы сейсмического воздействия [17] Екатеринбург располагается в восточной части потенциально сейсмичной области. Поэтому актуальной стала задача сейсмического районирования территории города и районов его перспективной застройки.

В 2007 году выполнено схематическое районирование территории Екатеринбурга по величине расчетной силы сейсмического воздействия на инженерные сооружения с использованием собранных и обобщенных данных геолого-съемочных работ [17], инженерно-геологических изысканий, проведенных на территории города различными организациями. Позднее эта схема была уточнена [18]. К грунтам первой категории по сейсмическим свойствам, согласно классификации СНиП II –7-81*, отнесены слабо выветрелые скальные горные породы коренной основы со скоростью продольных сейсмических волн от 1,0–1,5 до 3,0–4,0 км/с и соответствующими

физико-механическими свойствами. К грунтам второй категории отнесены рыхляки и дисперсные грунты коры выветривания, покровных отложений и техногенные грунты со

скоростью продольных сейсмических волн от 0,3–0,7 до 1,0–1,5 км/с и соответствующими физико-механическими свойствами (рис. 4).

Выветривание – многофакторный про-

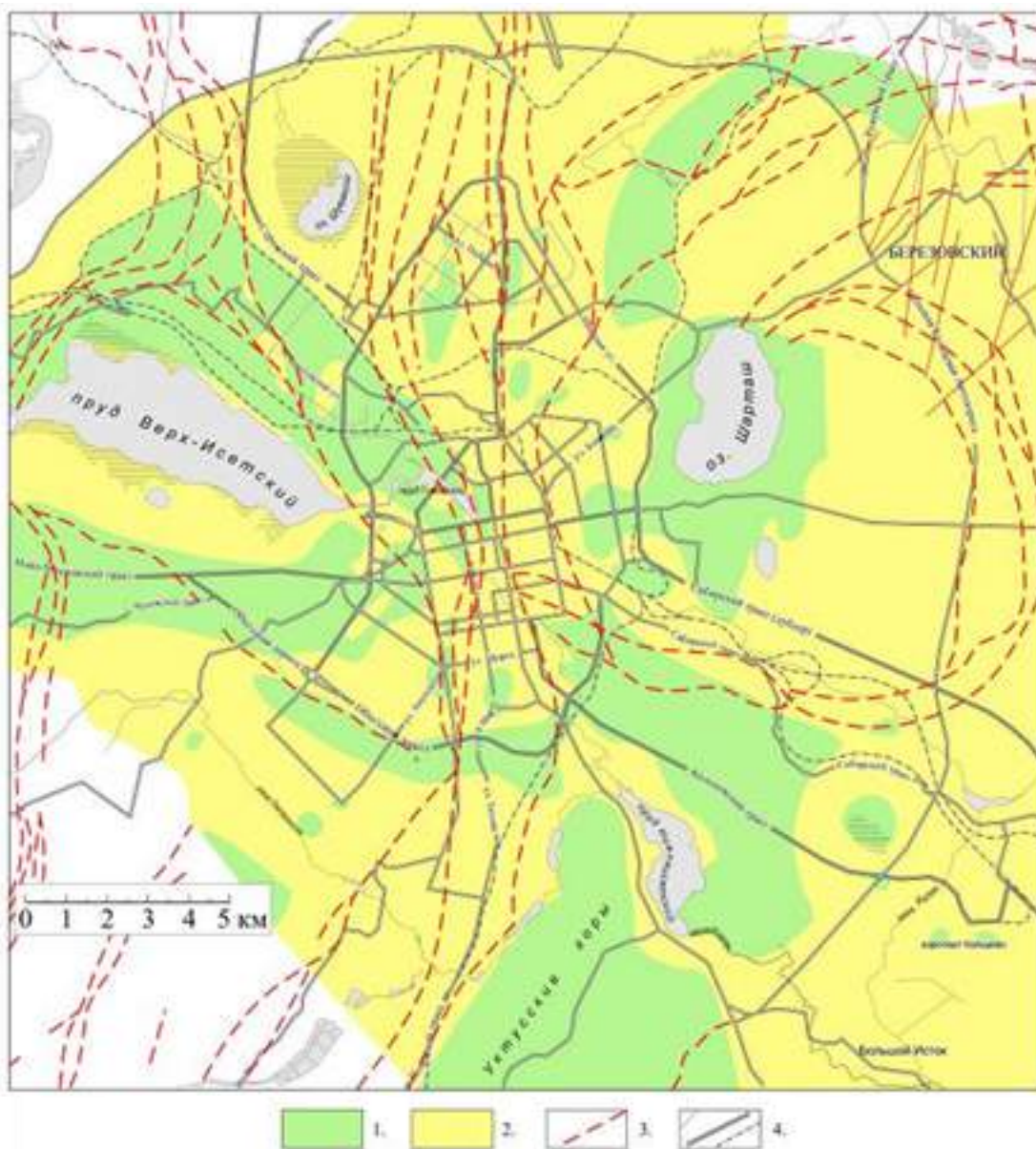


Рис. 4. Схема районирования Екатеринбурга по величине расчетной силы сейсмического воздействия (сост. Гуляев А. Н., Институт геофизики УрО РАН, 2015 г., компьютерная графика Михайловой Н. В.): 1 – участки преимущественного развития грунтов первой категории по сейсмическим свойствам по классификации СНиП II–7–81* (в их пределах величина расчетной силы сейсмического воздействия оценивается: а) на объекты основного строительства в плане сейсмобезопасности в 4 балла по шкале MSK-64 с пиковыми ускорениями движения грунта в 13 см/с² по шкале MSK-64 и по шкале SHA-97; б) на объекты повышенной ответственности в плане сейсмобезопасности в 5 баллов по шкале MSK-64 с пиковыми ускорениями движения грунта в 25 см/с² по шкале MSK-64 и 28 см/с² по шкале SHA-97; в) на особо ответственные объекты в плане сейсмобезопасности в 7 баллов по шкале MSK-64 с пиковыми ускорениями движения грунта в 100 см/с² по шкале MSK-64 и 129 см/с² по шкале SHA-97); 2 – участки преимущественного развития грунтов второй категории по сейсмическим свойствам по классификации СНиП II–7–81* (в их пределах величина расчетной силы сейсмического воздействия оценивается: а) на объекты основного строительства в плане сейсмобезопасности в 5 баллов по шкале MSK-64 с пиковыми ускорениями движения грунта в 25 см/с² по шкале MSK-64 и 28 см/с² по шкале SHA-97; б) на объекты повышенной ответственности в плане сейсмобезопасности в 6 баллов по шкале MSK-64 с пиковыми ускорениями движения грунта в 50 см/с² по шкале MSK-64 и 60 см/с² по шкале SHA-97; в) на особо ответственные объекты в плане сейсмобезопасности в 8 баллов по шкале MSK-64 с пиковыми ускорениями движения грунта в 200 см/с² по шкале MSK-64 и 277 см/с² по шкале SHA-97); 3 – разломы, показанные на Государственной геологической карте СССР масштаба 1:200 000. Серия Среднеуральская. Лист О - 41-XXV, Свердловск, 1987. Авторы карты: Кузовков Г. Н., Двоеглазов Д. А., Вагшалъ Д. С., редактор карты Рапопорт М. С.; 4 – улицы, дороги, железные дороги.

цесс, активно протекающий повсеместно на территории г. Екатеринбурга. Проявляется как процесс физического и химического выветривания. Дезинтеграция горных пород и минеральные замещения являются основой образования рыхлых отложений всех генетических типов. На горно-складчатом Урале коры химического выветривания, согласно А. П. Сигову и Л. А. Гузовскому [19], формировались в три тектоно-климатических этапа: нижнемезозойский (Т- J_1), верхнемезозойский – палеогенный (средняя юра – нижний олигоцен (J_2 - P_1 и верхнепалеогеновый (средний – верхний олигоцен (P_3^{2-3})). Плиоцен-четвертичный (N_2 - Q_3) этап отличается повсеместным проявлением физического выветривания. При эрозионном вскрытии кор химического выветривания происходило наложение более поздних процессов. В этой связи коры выветривания на современном эрозионном срезе, по сути, представляют собой полигенетические образования [9].

Гидрогеологические условия территории города связаны с широким развитием подземных вод зоны экзогенной трещиноватости и трещинно-жильных вод, гидравлически взаимосвязанных и образующих единый водоносный горизонт. Воды безнапорные. Глубина залегания уровня подземных вод (УПВ) от 0 до 5–10 м в пониженных частях рельефа и до 20–50 м в элювиальных ландшафтах. Режим подземных вод – нарушенный под влиянием городской застройки, эксплуатации групповых и одиночных водозаборных скважин. Воды по составу сульфатно-гидрокарбонатные, хлоридно-сульфатно-гидрокарбонатные кальций-магниевого, нередко с примесью натрия; в большинстве скважин загрязнены и непригодны для питьевых целей.

Техногенные факторы, ответственные за трансформацию инженерно-геологических условий г. Екатеринбурга, можно объединить в 5 групп: 1) промышленного техногенеза; 2) сельскохозяйственного техногенеза; 3) урбанизации территории; 4) техногенных и техноприродных геологических процессов; 5) техногенного химического и радиоактивного загрязнения окружающей среды [20].

Промышленный техногенез охватывает совокупность процессов, происходящих в окружающей среде в связи с производственной деятельностью промышленных предприятий, приводящей к трансформации ее состояния и свойств. Екатеринбург – крупный промышленный центр Российской Федерации. Здесь сосредоточены многочисленные заводы, фабрики, предприятия различной отраслевой принадлежности – Уралмаш, Эльмаш, Химмаш, Турбомоторный, Компрессорный, Транспортного машиностроения, предприятия горнопромышленного профиля (метрополитен, карьер отработанного Елизаветинского месторождения железа коры выветривания, гранитные карьеры Шарташский, Сибирский) и многие другие. Промышленный техногенез оказывает негативное экологическое воздействие на все компоненты окружающей среды через выбросы в атмосферу, промышленные и сопутствующие стоки, твердые отходы, техногенные и техноприродные геологические процессы.

Сельскохозяйственный техногенез активно воздействует на почвы, поверхностные и подземные воды химическими и органическими удобрениями, пестицидами в бывшем пригородном совхозе Свердловский, многочисленных садово-дачных кооперативах, на приусадебных участках частного сектора.

Урбанизация территории – важнейший фактор интенсивного техногенного воздействия на окружающую среду. Город с более чем 1350 тыс. жителей оказывает существенное влияние на трансформацию естественных природных условий через техногенное изменение природных ландшафтов, антропогенный литогенез, атропогенное и гидрогенное загрязнение среды, размещение твердых бытовых отходов, температурное, звуковое, вибрационное воздействие на человека, функционирование селитебных, промышленных, рекреационных зон с их инфраструктурой, внутреннего и внешнего транспорта и пр.

Техногенные и техноприродные геологические процессы. К числу техногенных процессов в г. Екатеринбурге относятся: гидролитогенные процессы, наведенные сей-

смические процессы, субтерральные процессы и антропогенный литогенез.

Гидролитогенные процессы связаны с понижением – повышением УПВ. Понижение УПВ и образование воронок депрессии при дренажных работах сопровождает строительство метро в г. Екатеринбурге, высотное строительство с многоуровневыми подземными сооружениями, на водозаборах подземных вод районного водоснабжения и промышленных предприятий. При водопонижении вдоль трассы метро, на отдельных относительно крупных водозаборах длительного действия активизировались процессы суффозии, просадки поверхности, деформации зданий и инженерных сооружений. Повышение УПВ обусловлено строительством плотин 4 прудов в городской черте, утечками водонесущих коммуникаций. Это провоцирует процессы суффозии, подтопление подвальных помещений, деформации зданий вследствие изменения свойств обводненных грунтов оснований фундаментов.

Наведенные землетрясения слабой интенсивности могут возбуждаться взрывными работами при проходке перегонных тоннелей метро, подземных и открытых горных выработок специального назначения и других сооружений в скальных массивах, изменением напряженно-деформированного состояния массивов при высотном строительстве.

Субтерральные процессы при подземном строительстве проявляются осыпанием, вывалами, обрушением горных пород, прорывами подземных вод и плывунов.

Антропогенный литогенез – широко распространенный процесс в ходе освоения городских территорий. Насыпные грунты – постоянный компонент городского строительства, санкционированного и несанкционированного складирования отходов.

Техноприродные процессы представляют обширную группу техногенного активизированных экзогенных геологических процессов: выветривание, эрозионные процессы, суффозия, гравитационные процессы, подтопление территорий.

Химическое и радиоактивное загрязнение

окружающей среды. Источники загрязнения окружающей среды г. Екатеринбурга: выбросы в атмосферу, промышленные, хозяйственно-бытовые, поливо-мочные, ливневые стоки, промышленные и бытовые твердые отходы. *Химическое загрязнение среды* от различных источников формирует локальное, а в совокупности площадное загрязнение городской территории. В качестве загрязнителей выявлены Zn, Cu, Cd, As, Pb, Hg, Ag, Sn, Cr, Ni, W, углеводороды. Особенность всех отходов в преимущественном накоплении технофильных химических элементов. Состав выбросов в атмосферу, стоков и твердых отходов зависит от геохимической специализации продуктов производства. Транспортные выбросы определяются качеством топлива и геохимическими особенностями жидких и газообразных углеводородов. Количественное соотношение между промышленными и транспортными выбросами определяются зональностью городской инфраструктуры, загрузкой и состоянием промышленного производства и количеством автотранспорта. По данным Уралгидромета в центральной части г. Екатеринбурга в 1997 г. на долю транспортных выбросов приходилось 70 %, а в 2004 г. – 86 %.

Комплексной геоэкологической съемкой г. Екатеринбурга и прилегающей территории в М 1:50000, выполненной Уральской опытно-методической и Уральской гидрогеологической экспедициями ПГО «Уралгеология» в 1993–1995 гг. выявлено опасное загрязнение почв в пределах застроенной территории города на уровне $Z_c \geq 32$ с серией локальных аномалий в границах $Z_c = 64–128$. Подземные воды города отличаются пестрым составом макрокомпонентов с очаговым загрязнением нефтепродуктами и «тяжелыми» металлами. Последующее специализированное опробование почв методом «ключевых участков» на территории города подтвердило их загрязнение «тяжелыми» металлами при изменившемся площадном распределении [21].

Радиоактивное загрязнение почв города связано с Чернобыльским следом, накрывшим Урал в пределах Свердловской области

на широте городов Екатеринбурга и Ивделя. Нашими исследованиями, проведенными в 2002 г. в составе НПЦ «Уралгеопроект», в почвах района Широко-реченского полигона ТБО в спектре фоновой радиоактивности выявлено наличие радионуклидов Cs-137 и Sr-90 в количестве 10–30 %. Работами А. А. Селезнева в почвах города установлено неоднородное распределение Cs-137. Уровень накопления радионуклида в различных районах города варьирует в пределах 124–540 Бк/кг [21].

Рассмотренные факторы, ответственные за формирование ИГУ, необходимо учитывать при разработке и совершенствовании Генерального плана развития города Екатеринбурга. Для размещения районов массового жилищного строительства наиболее благоприятными являются юго-западные

территории Ленинского района (Широкая речка, Юго-запад, Краснолесье) и западные территории Верх-Исетского района (ВИЗ-правобережный), сложенные в большей части гранитоидами Верх-Исетского массива. В центральной части города точечному высотному строительству должно предшествовать детальное изучение ИГУ участка и анализ сейсмического районирования территории.

Администрации г. Екатеринбурга для получения качественной информации по ИГУ строительства на современном уровне инженерно-геологических исследований и разработки нового Генерального плана развития города необходимо финансировать проведение комплексной инженерно-геологической съемки территории города в масштабе 1:10000 [1].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Инженерно-геологические условия г. Екатеринбурга как основа разработки и совершенствования Генерального плана развития города / О. Н. Грязнов [и др.] // Сергеевские чтения. Вып. 17. Матер. годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (19–20 марта 2015 г.). М.: РУДН, 2015. С. 17–24.
2. Ломтадзе В. Д. Словарь по инженерной геологии. СПб: СПбГИ. 1999. 360 с.
3. Попов И. В. Инженерная геология СССР. Т. 1. Общие основы региональной инженерной геологии. М.: Изд-во МГУ, 1961. 178 с.
4. Трофимов В. Т. Зональность инженерно-геологических условий континентов Земли. М.: Изд-во МГУ, 2002. 348 с.
5. Капустин В. Г., Корнев И. Н. География Свердловской области. Екатеринбург: Среднеуральское книжное издательство, 1996.
6. Грязнов О. Н. Рудоносные метасоматические формации складчатых поясов. М.: Недра. 1992. 256 с.
7. Грязнов О. Н. Инженерная петрология метасоматитов // Записки горного института. 2003. Т. 153. С. 140–143.
8. Грязнов О. Н., Гуман О. М., Ворожев А. В. Инженерная петрология метасоматитов медно-колчеданных и скарново-магнетитовых месторождений Урала // Изв. вузов. Горный журнал. № 8. 2013. С. 147–155.
9. Грязнов О. Н. Факторы инженерно-геологических условий Урала. Региональные геологические факторы // Изв. УГГУ. Вып. 3(35). 2014. С. 30–50.
10. Подкорытова Л. И. Инженерно-геологическая характеристика элювия района г. Свердловска: автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. М.: МГУ, 1984. 17 с.
11. Овечкина О. Н. Оценка и прогноз изменения состояния геологической среды при техногенном воздействии зданий высотной конструкции в пределах города Екатеринбурга: автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Екатеринбург: УГГУ, 2013. 24 с.
12. Вейс-Ксенофонтова З. Г., Попов В. В. К вопросу о сейсмической характеристике Урала. М.: Изд-во АН СССР, 1940. 12 с. (Труды Сейсмологического института АН СССР. № 104).
13. Землетрясения Урала и сильнейшие землетрясения прилегающих территорий Западной Сибири и Восточно-Европейской платформы / В. В. Степанов [и др.]. ЦСГНЭО, Москва, 2002. 135 с.
14. Сейсмичность и сейсмическое районирование Уральского региона / С. Н. Кашубин [и др.]. Екатеринбург: УрО РАН, 2001. 124 с.
15. Комплект карт Общего сейсмического районирования территории Российской Федерации ОСР-97 масштаб 1:8000000, объяснительная записка и список городов и населенных пунктов, расположенных в сейсмоопасных районах / гл. ред. В. Н. Стахов, В. И. Уломов. М., 1999. 56 с.
16. Строительные нормы и правила. Строительство в сейсмичных районах. СНиП II-7-81*. М.: Госстрой России, 2000.
17. Гуляев А. Н. Районирование центральной части Уральского региона по величине расчетной силы сейсмического воздействия // Изв. вузов. Горный журнал. 2010. № 6. С. 98–105.
18. Гуляев А. Н. Оценка потенциальной сейсмичности территории города Екатеринбурга // Изв. вузов. Горный журнал. 2009. № 6. С. 91–97.
19. Комплексное геолого-геоморфологическое картирование Урала с целью поисков гипергенных полезных ископаемых / А. П. Сигов [и др.]. Свердловск: Изд-во Саратовского ун-та, 1968.
20. Грязнов О. Н. Факторы инженерно-геологических условий Урала. Физико-географические и техногенные

факторы // Изв. УГГУ. Вып. 4(36). 2014. С. 5–18.

21. Селезнев А. А. Эколого-геохимическая оценка состояния урбанизированной среды на основе исследования отложений пониженных участков микрорельефа (на примере г. Екатеринбурга): автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Екатеринбург: УГГУ, 2015. 24 с.

Поступила в редакцию 24 июня 2015 г.

Грязнов Олег Николаевич – доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: Gryaznov.O@ursmu.ru

Гуляев Александр Николаевич – ведущий научный сотрудник. 620016, г. Екатеринбург, ул. Амундсена, д. 100, Институт геофизики УрО РАН. E-mail: usc_alex@mail.ru

Рубан Наталья Валентиновна – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет.

Савинцев Иван Андреевич – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет.

Черкасов Сергей Александрович – аспирант кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет.

ПЕРВАЯ НАХОДКА БЛАГОРОДНОЙ ШПИНЕЛИ НА СВЕТЛИНСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ ГОРНОГО ХРУСТАЛЯ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

Кисин А. Ю., Поленов Ю. А., Огородников В. Н., Томила А. В.

Приводятся результаты исследований благородной шпинели из месторождения горного хрусталя, залегающего в метаморфизованных метапелитах. Это первая находка шпинели на данном месторождении. В ассоциации со шпинелью отмечены форстерит, тальк, серпентин, хлорит, графит и монацит. Минеральные ассоциации благородной шпинели Светлинского месторождения такие же, как в мраморах. Вероятное время формирования шпинели – ранний регрессивный этап метаморфизма (S_2 и P_1).

Ключевые слова: минералогия; драгоценные камни; Урал.

Светлинское месторождение горного хрусталя находится в 100 км к югу от г. Челябинска и в 40 км к юго-западу от г. Пласт. Месторождение начинает свою историю в 1939 году, с открытия Аннинской россыпи пьезокварца [1]. Месторождение активно разведывалось и обрабатывалось более 40 лет. В 1969 году один из авторов (Поленов Ю. А.) участвовал в геологоразведочных работах на одном из самых богатых участков месторождения – «Ко-

саревский-II». Для этого участка характерны цветные разновидности кварца (дымчатый кварц, цитрин и аметист), андалузит-кварцевые, дистен-силлиманит-кварцевые жилы, которые хорошо изучены и описаны [1–3]. Структурная позиция месторождения (по [4]) отражена на рис. 1.

Материалы и методы. В нашем распоряжении для исследований оказались два образца «андалузит-микроклинового агрегата»



Рис. 1. Дешифрирование космоснимка (Яндекс карты) Светлинского месторождения горного хрусталя и его окрестностей:

1 – зона надвига, разделяющая Кочкарский антиклинорий и Зауральский синклиний; 2 – зона тектонического срыва, разделяющая карбонатную толщу (моноклираль) и метаморфические толщи сводовых поднятий; 3 – тектонические срывы, ограничивающие купольные структуры; 4 – преобладающие породы (Са – мраморы, Сл – кристаллические сланцы и амфиболиты); 5 – элементы залегания; 6 – контур месторождения горного хрусталя и участок «Косаревский-II».

размерами $5 \times 3,5 \times 2$ и $3,5 \times 1,5 \times 1,5$ см (рис. 2), отобранные Ю. А. Поленовым в 1969 году на участке «Косаревский-II», предположитель-

но из керна скважины 1985, с глубины 47,2 м. Скважина вскрыла жилу молочно-белого кварца мощностью около 15 см, залегающую

в ставролит-биотит-кварцевых сланцах. В ле-
 жащем контакте жилы, в интервале 47,1–47,3
 м описывается «андалузит-мусковитовый
 агрегат», ниже сменяющийся «полевошпат-
 хлоритовой породой».

При осмотре данных образцов смутил не-
 обычный вид «полевого шпата» (желтый, на
 рис. 2) – отсутствие спайности, а на гранях
 «андалузита» (темно-коричневый) наличие
 скульптур в виде равносторонних треуголь-



Рис. 2. Общий вид исследованных образцов

ников. По внешним признакам они были
 диагностированы как форстерит и шпинель,
 соответственно. Крупночешуйчатый минерал
 серовато-серебристого цвета с совершенной
 спайностью в одном направлении и с вклю-
 чениями чешуек графита визуально был диагно-
 стирован как флогопит. Рентгенструктурный
 анализ, выполненный в Института геологии и
 геохимии УрО РАН, подтвердил диагностику
 форстерита и шпинели, а светлый чешуйча-
 тый минерал оказался тальком. Из наиболее
 крупного образца была вырезана пластина и
 изготовлен полированный прозрачный шлиф,
 который исследовался под микроскопом оп-
 тическими методами.

Основные виды лабораторных исследо-
 ваний проведены на базе Центра коллектив-
 ного пользования «Геоаналитик» ИГГ УрО
 РАН. Для изучения морфологии и внутрен-
 него строения минералов и агрегатов, полу-
 чения их изображения в режимах обратно
 рассеянных электронов или в режиме топо-
 графии, а также для определения их состава
 использован электронный сканирующий ми-
 кроскоп *JSM-6390LV (JEOL)* с энергодиспер-

сионной приставкой *INCA Energy 450 X-Max*
 80 фирмы *Oxford Instruments* (аналитик С. П.
 Главатских). Состав минералов изучался на
 волновом рентгеновском микроанализаторе
CAMECA SX-100 с пятью спектрометрами,
 дополнительно оснащенном энергодисперси-
 онной приставкой (аналитик Д. А. Замятин).

**Результаты исследований и обсужде-
 ние.**

Шпинель. Представлена обломками кри-
 сталлов октаэдрического габитуса размером
 до 4 см по наибольшему измерению. Цвет
 коричневатопурпурный (цвет алмадина),
 в массе кажется очень темным. Прозрачная,
 но очень трещиноватая. В качестве особен-
 ностей отметим отдельность, которую можно
 принять за совершенную спайность или за
 отдельность в корунде. По трещинам часто
 наблюдаются темно-коричневые непрозрач-
 ные пленки (возможно, гематита) и крупно-
 чешуйчатый тальк. Тальк обычно отделяет
 шпинель от форстерита (рис. 3). Для этой
 шпинели характерны газожидкие включе-
 ния и негативные кристаллы октаэдрического
 облика (рис. 4). Химический состав шпинели

приведен в табл. 1. Как следует из таблицы, шпинель содержит небольшую примесь TiO_2 , Cr_2O_3 , V_2O_5 , MnO , NiO (0,0n вес. %), ZnO до

0.19 и FeO до 1.59 вес. %, что близко к составу некоторых шпинелей месторождения Кухи-Лал [5, 6, 9] и Горон [7] на Памире. Хотя

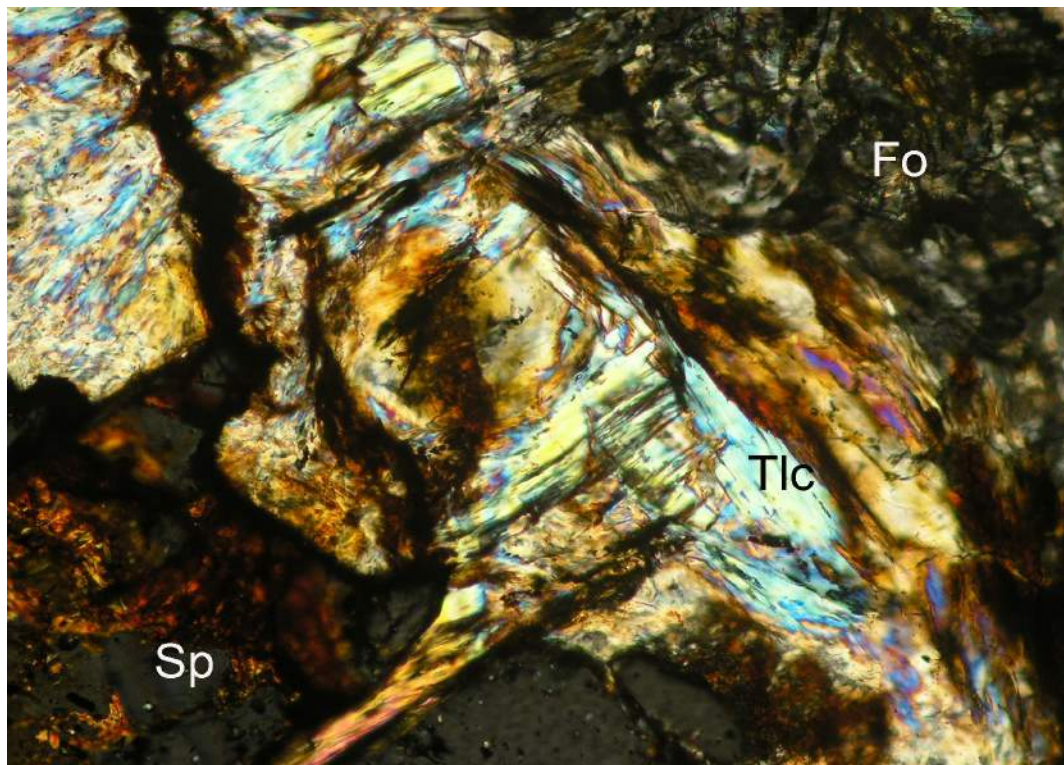


Рис. 3. Характер контакта шпинели с форстеритом. Шлиф. Ув. 10х. Ник. Х.
Sp – шпинель, Fo – форстерит, Tlc – тальк.

хром в составе данной шпинели анализами установлен, но в УФ-лучах она инертна. Ве-

роятно, примесь железа подавляет люминесценцию, как это бывает в рубинах.

Таблица 1

Химический состав шпинели участка «Косаревский-II» (вес.%)

№ анализа	Оксиды											Сумма
	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Cr_2O_3	V_2O_5	FeO	MnO	MgO	CaO	NiO	ZnO	
68	0,04	0	69,79	0	0,08	1,09	0,01	27,77	0,01	0,04	0,19	99,02
69	0,05	0,01	69,84	0,03	0,04	1,59	0,05	27,07	0	0	0,17	98,86
70	0,01	0,02	69,93	0,06	0,07	1,13	0	27,61	0	0,07	0,13	99,03

№ анализа	Атомный процент											Сумма
	Si	Ti	Al	Cr	V	Fe	Mn	Mg	O	Ni	Zn	
68	0,01	0	28,28	0	0,02	0,31	0	14,23	57,08	0,01	0,05	100
69	0,02	0	28,41	0,01	0,01	0,46	0,02	13,93	57,12	0	0,04	100,02
70	0	0,01	28,34	0,02	0,02	0,32	0	14,15	57,1	0,02	0,03	100,01

Форстерит. Представлен крупными бесцветными прозрачными, но сильно трещиноватыми зернами. Бездефектные участки не превышают 1 мм по наибольшему измерению. По трещинам форстерит замещается мелкозернистым серпентином желто-зелено-

го цвета, придающим всему зерну аналогичную окраску (см. рис. 1) и сетчатую структуру (рис. 5). К жилкам серпентинита обычно приурочены чешуйки графита, иногда образующие плотные скопления. В качестве включений в форстерите отмечены негативные

кристаллы, образующие цепочки, возможно, фиксирующие залеченные трещинки (рис. 6). В УФ длинноволновых лучах фосфорит люминесцирует бледно-розовым цветом. Хи-

мический состав минерала приведен в табл. 2. Хром и ванадий не выявлены, содержание FeO (Fe общее) в данном форстерите составляет 1,88–2,13 вес. % (маложелезистый).

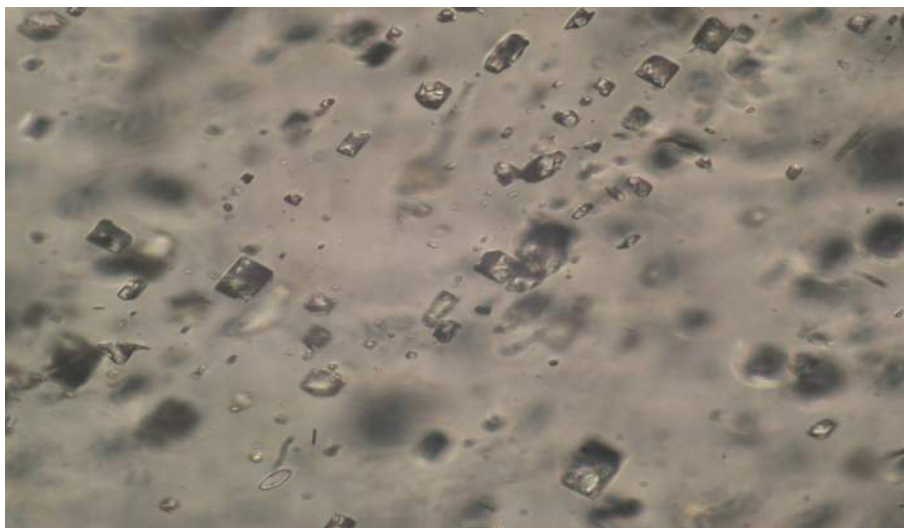


Рис. 4. Включения негативных кристаллов в шпинели. Шлиф. Ув.50х. Ник. П.

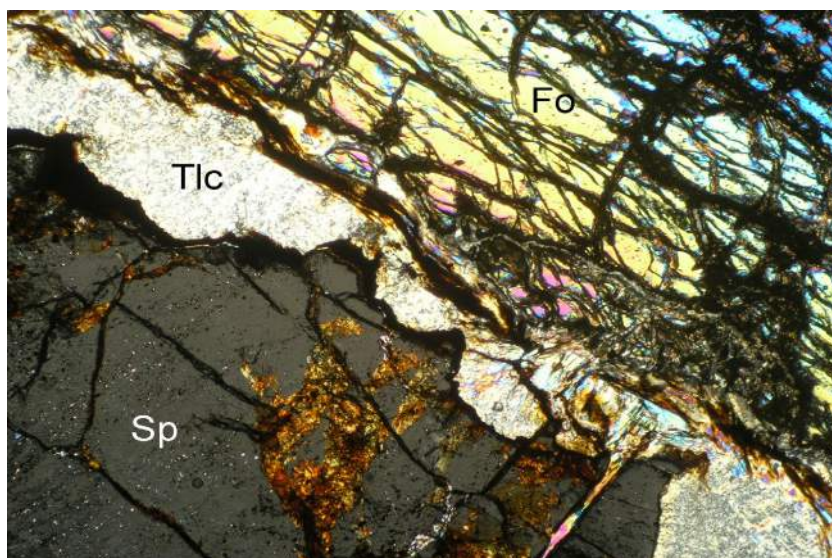


Рис. 5. Шпинель-форстеритовый агрегат с тальком. Шлиф. Ув. 2.5х. Ник. Х. Sp – шпинель, Fo – форстерит, Tlc – тальк. Темные жилки в форстерите – серпентин

Таблица 2

Химический состав форстерита Светлинского месторождения (вес.%)

№ анализа	Оксиды									Сумма
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	V ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	
77	42,9	0,03	0,02	0	0	1,88	0,03	55,22	0	100,08
78	42,72	0,01	0	0	0	2,13	0,01	54,92	0,02	99,8

№ анализа	Атомный процент										Сумма
	Si	Ti	Al	Cr	V	Fe	Mn	Mg	Ca	O	
77	14,47	0,01	0,01	0	0	0,53	0,01	27,77	0	57,24	100,03
78	14,47	0	0	0	0	0,6	0	27,74	0,01	57,23	100,05

Хлорит. Наблюдается в виде тонкозернистой просвечивающей массы, цементирующей кристаллы талька. Цвет зеленовато-серый до желто-зеленого. Массивный. Иногда содержит

скопления графита. Химический состав хлоритов приведен в табл. 3. Под электронным микроскопом в хлорите установлены скопления монацита, обогащенного Ce, La, Pr, Nd (табл. 4).

Таблица 3

Химический состав хлоритов (вес. %)

№ анализа	Оксиды											Сумма
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	V ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	
72	30,45	0,14	19,7	0,03	0,01	0,42	0	31,72	0	0	0,01	82,48
73	30,25	0,11	20,8	0,02	0,05	0,32	0	31,3	0	0	0,04	82,88
74	31,01	0,06	19,96	0,11	0,04	0,28	0	32,3	0,01	0,02	0,05	83,83
78	28,56	0,08	20,48	0,17	0,01	0,62	0	32,44	0,03	0,02	0,02	82,43

№ анализа	Атомный процент											Сумма	
	Si	Ti	Al	Cr	V	Fe	Mn	Mg	Ca	Na	K		O
72	12,43	0,04	9,48	0,01	0	0,14	0	19,3	0	0	0	58,61	100,02
73	12,28	0,03	9,95	0,01	0,02	0,11	0	18,94	0	0	0,02	58,65	100,02
74	12,45	0,02	9,44	0,04	0,01	0,09	0	19,33	0	0,02	0,02	58,59	100,01
78	11,69	0,02	9,88	0,05	0	0,21	0	19,78	0,01	0,01	0,01	58,33	100,01

Таблица 4

Химический состав монацита (вес.%)

№ спектра	O	P	La	Ce	Pr	Nd	Сумма
10	23,85	13,79	20,16	30,31	2,51	9,39	100
11	21,32	13,44	20,43	30,66	3,45	10,71	100
12	21,7	13,36	22,18	30,32	3	9,44	100

Обсуждение. Насколько нам известно из литературных источников [5, 8, 9 и др.], благородная шпинель и форстерит на месторождениях горного хрусталя прежде не встречались. Тем более что на месторождении распространены ставролит-биотит-кварцевые, биотит-полевошпат-кварцевые сланцы и амфиболиты. На площади Кочкарского антиклинория благородная шпинель в ассоциации с форстеритом, норбергитом, рубином, графитом и другими минералами известна в Mg-кальцитовых и доломит-кальцитовых мраморах [10]. На Светлинском месторождении горного хрусталя карбонатные породы не отмечались. Однако в одном из изученных нами образцов шпинель-форстеритового агрегата имеется зерно карбоната 10 мм поперечиком (характерная спайность), которое не реагирует на 10 % раствор соляной кислоты. Исследования под электронным микроскопом показали, что это магnezит с приме-

сью доломита. Карбонат выполняет каверну на границе форстерита и талька; поверхность ксеноморфная. Цвет серовато-белый, полупрозрачный. Наблюдаются редкие включения графита. Карбонат не деформирован, в отличие от форстерита и, судя по этим признакам, отложился позднее его из гидротермальных растворов.

Ассоциация шпинели с магnezитом, доломитом, форстеритом, графитом, тальком, серпентином весьма близка к ассоциации благородной шпинели месторождения Кух-и-Лал [5–7, 9]. Ввиду отсутствия на Светлинском месторождении карбонатных пород магnezитового или доломитового состава предполагается, что Mg в систему был привнесен. Ранее для рубиноносных мраморов Кучинского и Чуксинского проявлений было установлено, что Mg-метасоматоз имел место на раннем прогрессивном этапе метаморфизма и повторился на раннем регрессивном этапе [10, 11].

С первым этапом Mg-метасоматоза связано образование шпинели 1 типа (Cr_2O_3 до 20 вес. %), а со вторым – шпинели 2 типа (Cr_2O_3 до

2,2 вес. %). Шпинель 2 типа ассоциирует с форстеритом, норбергитом, бесцветным флогопитом и графитом. Шпинель Светлинского

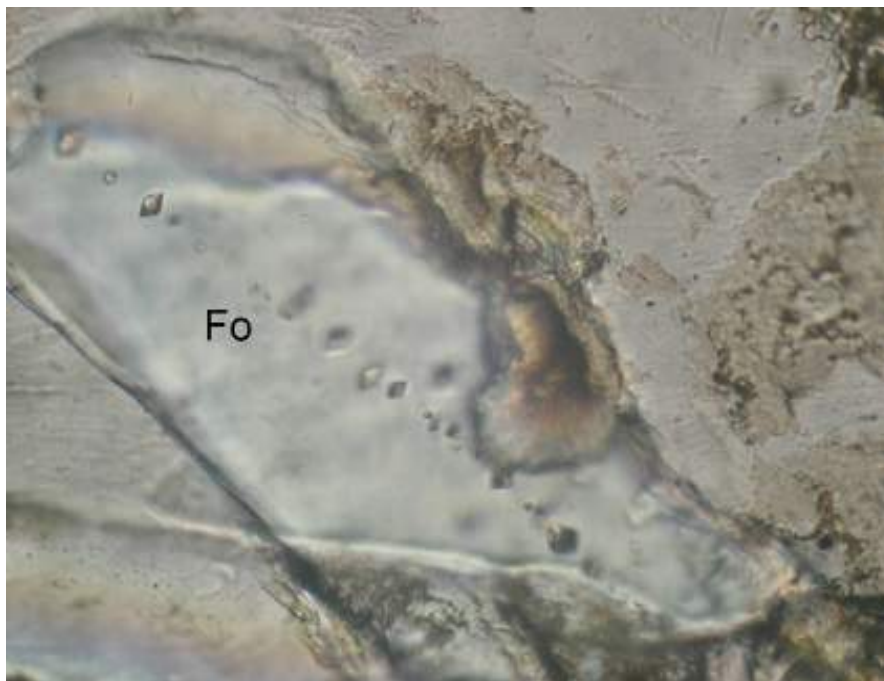


Рис. 6. Негативные кристаллы в форстерите. Шлиф. Ув. 50х. Ник. X

месторождения близка к шпинели 2 типа и по химическому составу, и по минеральным ассоциациям. Вероятно, она также образовалась на раннем регрессивном этапе (сброс стрессовых напряжений, скачок температур, изменение флюидного режима). Алюминий в систему также привносился. К такому мнению независимо пришли по Светлинскому месторождению Ю. А. Поленов [1], а по рубиноносным мраморам Кочкарского антиклинория – А. Ю. Кисин [4, 10]. С кварцевыми жилами Светлинского месторождения ранее описывались корунд и такие высокоглиноземистые минералы как андалузит, силлиманит и кианит [1–3]. Мелкие зерна рубина были обнаружены и описаны Е. В. Бурлаковым в гнездовом выполнении хрусталеносных жил Неройского района Приполярного Урала. Рубин здесь ассоциирует с кальцитом, что сбли-

жает его с рубинами, приуроченными к мраморам.

Итак, благородная шпинель на месторождении горного хрусталя, залегающего среди метаморфизованных метапелитов, описана впервые. Возможно, что часть «андалузит-микроклиновых агрегатов» на Светлинском месторождении, вскрытых скважинами и горными выработками, также являются шпинель-форстеритовыми агрегатами. Минеральные ассоциации благородной шпинели Светлинского месторождения мало отличаются от минеральных ассоциаций благородной шпинели в мраморах, включая ассоциации всемирно известного месторождения Кух-и-Лал на Памире. Вероятное время формирования шпинели на Светлинском месторождении – ранний регрессивный этап метаморфизма, который имел место на рубеже S_2 и P_1 .

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Поленов Ю. А. Эндогенные кварцево-жильные образования Урала. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2008. 269 с.
2. Вертушков Г. Н. Андалузит, силлиманит, кианит и корунд из кварцевых жил Южного Урала // Зап. ВМО. 1948. Т. 77. № 2. С. 142–146.
3. Огородников В. Н., Сазонов В. Н., Поленов Ю. А. Минерогения шовных зон Урала. Ч. 1. Кочкарский руд-

ный район (Южный Урал). Екатеринбург: УГГА, 2004. 216 с.

4. Кисин А. Ю. Закономерности размещения и прогноз месторождений полезных ископаемых на основе модели блоковой складчатости: дис. ... докт. геол.-минерал. наук. ПГУ, г. Пермь, 2009. 356 с.

5. Петрова З. И., Левицкий В. И., Гормашева Г. С. Химические особенности шпинели формации магнезиальных скарнов. Зап. ВМО. Ч. CVIII. Вып. 4. 1979. С. 454–465.

6. Литвиненко А. К. Генетическая позиция благородной шпинели в магнезиальных скарнах Юго-Западного Памира // Зап. РМО. 2003. Ч. CXXXII. № 1. С. 76–82.

7. Aparyev S. A., Konovalenko S. I. Morphological and gemological features of gem-quality spinel from the Goron deposit, southwestern Pamirs, Tajikistan // The Journal of Gemmology. 2012. V. 33. № 1–4. P. 15–18.

8. Киевленко Е. Я., Сенкевич Н. Н., Гаврилов А. П. Геология месторождений драгоценных камней. М.: Недра, 1974. 328 с. (1982. 279 с.)

9. Колесникова Т. А. Благородная шпинель, клиногумит и манассеит месторождения Кухилал (Памир) // в сб.: Драгоценные и цветные камни. М.: Наука, 1980. С. 181–199.

10. Кисин А. Ю. Месторождения рубинов в мраморах (на примере Урала). Свердловск: Изд. УрО АН СССР, 1991. 130 с.

11. Кисин А. Ю. Роль метасоматических процессов в формировании рубиноносных мраморов // XIV Всерос. науч. конф «Уральская минералогическая школа – 2013»: сб. статей. Екатеринбург: Изд. ИГТ УрО РАН, 2013. С. 62–66.

12. Бурлаков Е. В. Минералогия кварцево-жильных месторождений и минералого-геохимические признаки рудообразующих тектонических разрывов (на примере Неройского района Приполярного Урала): дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Сыктывкар, 1989. 210 с.

Работа выполнена в рамках Программы Президиума УрО РАН № 15-11-5-17.

Поступила в редакцию 30 июня 2015 г.

Кисин Александр Юрьевич – доктор геолого-минералогических наук, зав. лабораторией геохимии и рудообразующих процессов. 620075, Екатеринбург, пер. Почтовый, 7, Институт геологии и геохимии УрО РАН. E-mail: kissin@igg.uran.ru

Поленов Юрий Алексеевич – доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры геологии. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет.

Огородников Виталий Николаевич – доктор геолого-минералогических наук, заведующий кафедрой геологии. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет.

Томилина Алена Вячеславовна – аспирантка. 620075, Екатеринбург, пер. Почтовый, 7, Институт геологии и геохимии УрО РАН.

УДК 621.6.04

КРАТКИЙ ОБЗОР ПНЕВМАТИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ СЫПУЧИХ СМЕСЕЙ И ПРОЦЕССОВ ВНУТРИ НИХ

Афанасьев А. И., Потапов В. Я., Костюк П. А., Макаров В. А.

В работе рассматриваются основы расчета пневматических устройств для транспортирования различных сыпучих смесей. Составлена математическая модель данного устройства. Математически обоснованы геометрические параметры устройства и его основные узлы. Приведена схема камерного питателя пневмотранспортной установки и описан принцип его действия. Данные математические зависимости могут использоваться для расчетов пневмотранспортных установок применимо к различным отраслям промышленности.

Ключевые слова: пневмотранспорт; математическая модель; сыпучая смесь; транспортирование; питатель.

В настоящее время ввиду увеличения энергозатрат на транспортировку материалов создание экономически выгодных установок является актуальной задачей. Такими системами, сочетающими в себе ряд положительных качеств, являются пневматические устройства (ПУ). Они отличаются незначительной стоимостью из-за простоты конструкции, легкостью обслуживания, обладают большой маневренностью, позволяют транспортировать материалы в различных условиях (вагоны, бункеры и т. д.) с незначительной потерей материала.

Транспортные трубопроводы могут быть проложены во многих местах с незначительной занимаемой площадью пространства.

Существенным недостатком пневмотранспортных установок является сравнительно большой расход энергии на единицу транспортного материала. Однако в целом ряде случаев при применении пневматического транспорта общие затраты будут меньше, чем при других видах транспортирования. Кроме того, очень часто пневматический способ транспортирования является частью технологического процесса какого-либо производства, где он становится незаменимым (например, в пневмогазовых сушилках торфобрикетного производства или в пневмоуборочных машинах) [1].

Пневмотранспортная установка состоит из питающего устройства, трубопровода, разделителя и воздуходувной машины. Основным ее элементом является камерный питатель (рис. 1), содержащий приемную камеру 1 с шарнирно смонтированной на ней крышкой 2. В приемную камеру 1 помещена гибкая (мягкая) емкость (тара) 3 с сыпучим материалом в закрытом состоянии. Разгрузочный трубопровод 4 смонтирован на крышке 2. Нагнетательный трубопровод 5 содержит патрубок 6 с нагнетательным соплом 7 с возможностью свободного перемещения вдоль него. Лезвие ножевого устройства 8 направлено вниз для разрезания верхней части гибкой тары 3. Для отвода излишка воздуха по воздухопроводу 9 дно 10 приемной камеры 1 снабжено патрубком 11. Для удаления гибкой тары 3 из камерного питателя приемная камера 1 снабжена диском 12 с юбкой 13. Установка диска 12 на определенном расстоянии от дна 10 камеры 1 обеспечивается винтовым устройством 14. Закрытое пространство 15 приемной камеры 1 сообщается с разгрузочным трубопроводом 4 через вентиль 16 и с нагнетательным трубопроводом 5 посредством вентиля 17 воздухопровода. Вентиль 18 транспортного трубопровода предназначен для перекрытия и подачи сжатого воздуха к нагнетательному соплу 7. Диск 12 имеет возможность свободного пере-

мещения по вертикали до стопорного устройства 19. Диск 12 снабжен отверстием 20, перекрытым обратным клапаном 21 [2].

Благодаря разности давлений, создаваемых воздушной машиной, в трубопроводе пневмосистемы возникает движение воздуш-

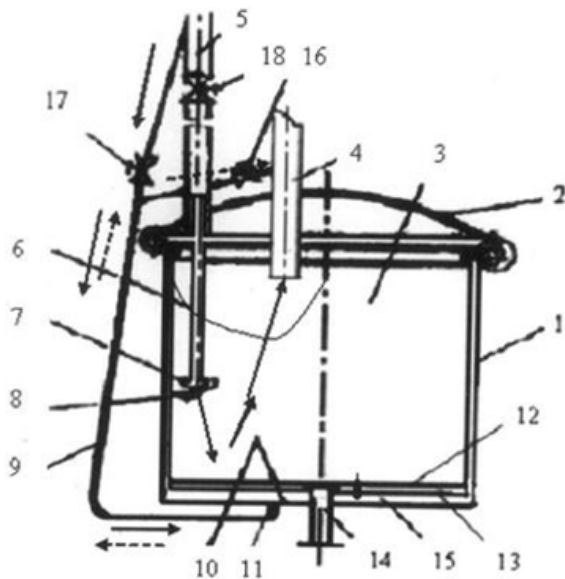


Рис. 1. Схема камерного питателя пневмотранспортной установки

ного потока. Материал, предназначенный для транспортирования, с помощью питающего устройства вводится в пневмосистему, где он попадает в воздушный поток [1].

При пневмотранспортировании сыпучих материалов решающее значение имеет структура аэросмеси, характер которой определяется взаимодействием воздуха и материала.

Часто в таких устройствах для создания псевдооживления осуществляется продувка слоя частиц воздухом через пористую сетчатую перегородку. В результате прохода воздуха через слои материала, из-за разности давлений перед слоем P_1 и над ним P_2 , объем материала насыщается воздухом и он начинает увеличиваться в объеме, оставаясь неподвижным, при этом частицы материала начинают отделяться друг от друга. Частицы не покидают образовавшийся «псевдооживленный» слой, поскольку их вес уравновешивается скоростным напором воздуха, т. е. его скорость равна скорости витания частиц $v_{\text{внт}}$. В данном состоянии перепад давления $\Delta P =$

$P_1 - P_2 = \text{const}$ и не зависит от скорости потока воздуха $v_{\text{п}}$, которая будет равна критической скорости «псевдооживления» $v_{\text{кр}}$.

Критическая скорость аэросмеси $v_{\text{кр}}$, м/с:

$$v_{\text{кр}} = c\sqrt{\mu agd}, \quad (1)$$

где c – коэффициент, зависящий от крупности материала, склонности к слеживанию и наличию влаги, $c = 0,25-0,4$; μ – весовая концентрация материала; ρ – плотность соответственно материала и воздуха, кг/м³; g – ускорение свободного падения, м/с²; d – диаметр пневмопровода, м.

Необходимая скорость $v_{\text{в}}$ потока, м/с:

$$v_{\text{в}} = (1,05-1,1)v_{\text{кр}}, \quad (2)$$

Сопротивление $P_{\text{п}}$ пневмопровода при движении аэросмеси, Па:

$$P_{\text{п}} = (1+0,4\mu)P_{\text{в}}, \quad (3)$$

где $P_{\text{в}}$ – потеря давления при движении чистого воздуха, Па.

Потеря давления $\Delta P_{\text{г}}$, Па в поднимающихся коротких участках пневмопровода

$$\Delta P_{\text{г}} = (1+\mu)\rho_{\text{в}}gH, \quad (4)$$

где H – разница геодезических отметок, м (высота подъема).

Полное падение давления ΔP , Па в пневмотранспортной системе

$$\Delta P = P_{\text{п}} + \Delta P_{\text{г}} + \Delta P_{\text{дин}} + \Delta P_{\text{з}}, \quad (5)$$

где $\Delta P_{\text{дин}} = v_{\text{п}}^2 \rho_{\text{в}} / 2$ – динамические потери давления, Па; $\Delta P_{\text{з}}$ – потери давления в загрузочном устройстве, обычно $\Delta P_{\text{з}} = 1$ Па.

Расход воздуха $Q_{\text{о}}$, м³/мин:

$$Q_{\text{о}} = Q_{\text{м}} \rho_{\text{м}} / (\mu \rho_{\text{в}}), \quad (6)$$

где $Q_{\text{м}}$ – расход материала, транспортируемого по пневмопроводу, м³/мин.

Необходимая подача воздухоподающей машины $Q_{\text{в}}$, м³/мин:

$$Q_{\text{в}} = kQ_{\text{о}}, \quad (7)$$

где $k = 1,1-1,15$ – коэффициент, учитывающий потери воздуха в пневмопроводе [3].

Расход и скорость воздуха влияют только на степень возрастания объема материала.

Транспортировка материала может начинаться при условии, когда $v_{\text{н}} > v_{\text{кр}}$ и равна скорости уноса v [4].

Во многих работах [1, 3, 4] установлено, что скорость транспортирования материала зависит от скорости витания частиц.

Аналитически скорость витания частиц материала в потоке воздуха определяется из условия равенства силы сопротивления F , действующей на частицу, которая движется относительно потока воздуха и силы тяжести G .

При числах Рейнольдса, характеризующих турбулентное обтекание частиц, имеет место квадратичный закон сопротивлений, т. е.

$$F = cS \frac{\rho_{\text{в}} v_{\text{в}}^2}{2}, \quad (8)$$

где c – коэффициент сопротивления при обтекании частиц потоком; S – площадь сечения частицы, перпендикулярного направлению потока, м^2 ; $\rho_{\text{в}}$ – плотность воздуха, $\text{кг} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^4$.

Если тело имеет форму шара, то $G = \frac{\pi d^3}{6} \rho_{\text{м}} g$ и $S = \frac{\pi d^2}{4}$, тогда, подставляя значение S в формулу (8) и приравняв F и G , получим формулу для определения скорости витания $v_{\text{вит}}$, м/с :

$$v_{\text{в}} = v_{\text{вит}} = \sqrt{\frac{4gd\rho_{\text{м}}}{3C\rho_{\text{в}}}},$$

где $\gamma_{\text{м}}$ – объемный вес частиц материала.

Коэффициент сопротивления C зависит от многих факторов и определяется экспериментальным путем. Для частиц шаровой формы при $R_e \leq 1$ коэффициент C может быть определен по уравнению

$$C = \frac{24}{R_e}.$$

На практике значения для частиц различных материалов определяют непосредственно экспериментальным путем в аэродинамической (витательной) трубе [1].

Объем камерного питателя может быть оценен по формуле

$$\Omega_{\text{кп}} = \frac{G_{\text{м}} t_{\text{с}}}{u \rho_{\text{м}}},$$

где $G_{\text{м}}$ – транспортная производительность установки с камерным питателем, $\text{м}^3/\text{ч}$; $t_{\text{с}}$ – среднее время для загрузки 1 м^3 объема питателя материалом; u – количество питателей, работающих в цикле загрузки; $\rho_{\text{м}}$ – плотность материала, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Представленные формулы могут быть использованы для расчета пневматических устройств для транспортирования сыпучих материалов.

Движение частицы материала в потоке газа. На частицу, находящуюся в потоке газа, действуют силы давления (напора) и тангенциальные (касательные) силы. Силы давления действуют перпендикулярно отдельным элементарным площадкам поверхности частиц (рис. 2) и заданы зависимостью

$$dP = p dS, \quad (9)$$

где dP – элементарная сила; p – давление газа в рассматриваемом месте; dS – элементарная площадка.

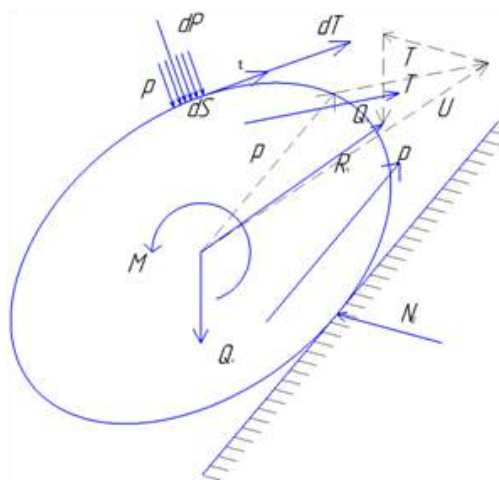


Рис. 2. Силы, действующие на частицы в потоке газа

Силы давления зависят от давления газа на поверхность частицы в данном месте. Кривая статического давления газа вдоль поверхности частицы зависит от способа обтекания частицы. Величины сил, действующих в касательных плоскостях к отдельным точкам поверхности частицы, заданы зависимостью

$$dT = \tau dS,$$

где dT – элементарная касательная сила; τ –

касательное напряжение текущего газа в данном месте поверхности частицы.

Касательное напряжение зависит от градиента скорости обтекания в направлении нормали в данном месте поверхности частицы и от способа обтекания. Кроме того, на частицу действует гравитационная сила или же другие силы, вызываемые ударами частиц друг о друга и о стенки транспортного трубопровода. Конечное воздействие напорных и тангенциальных сил можно выразить следующими зависимостями:

$$\vec{P} = \int_S \vec{dP} = \int_S \sqrt{dP_x^2 + dP_y^2 + dP_z^2}; \quad (10)$$

$$\vec{T} = \int_S \vec{dT} = \int_S \sqrt{dT_x^2 + dT_y^2 + dT_z^2}; \quad (11)$$

где \vec{P} – равнодействующая сила давления; \vec{T} – равнодействующая тангенциальных сил; S – поверхность частицы.

Конечное (равнодействующее) воздействие газа $\vec{U} = \vec{T} + \vec{P}$, веса частицы Q_c и пассивных сил N_p (ударные силы) можно заменить равнодействующей R_c , действующей в центре тяжести частицы с равнодействующим моментом M , действующим вокруг оси, проходящей через центр тяжести. Равнодействующая в центре тяжести частицы вызывает последовательное продвижение ее и равнодействующего момента вращения частицы вокруг оси, проходящей через ее центр тяжести. Отсюда видно, что относительное обтекание, заданное разностью векторов абсолютных скоростей текущего газа и движения частицы, изменяется в каждый момент, а этим изменяется как равнодействующая, так и равнодействующий момент. Равнодействующую U можно разделить на две составляющие: в направлении обтекания частицы и в направлении, перпендикулярном к направлению обтекания частицы. Составляющая в направлении обтекания частицы называется сопротивлением O , а сила, перпендикулярная к направлению обтекания частицы, называется подъемной силой W . Таким образом, движение частицы весьма сложно и его нельзя математически выразить в общем виде. Движение одной из них направлено по оси трубопровода, а две других взаимно перпен-

дикулярных составляющих расположены в плоскости, перпендикулярной к оси трубопровода. При более детальном исследовании мы увидим, что основной составляющей является движение частицы в направлении оси трубопровода. Поэтому сначала рассмотрим те воздействия, которые вызывают движение частицы в этом направлении, причем предположим, что вся система одномерна [1].

Движение частицы в неподвижном газе под действием собственного веса. Частица в неподвижной (спокойной) газовой среде изображена на рис. 3. Абсолютная скорость течения газа c равна нулю. Под влиянием веса Q_c частица начинает двигаться в направлении действия веса со скоростью v . Относительная скорость обтекания $w = -v$ равна абсолютной скорости движения частицы. Для того чтобы можно было при этом изучать весь процесс как одномерный, мы пренебрежем воздействиями, которые могли бы вызвать движение перпендикулярно направлению обтекания, т. е. подъемными силами.

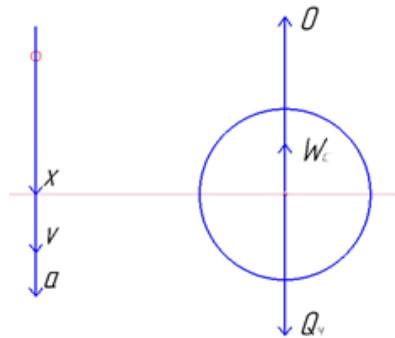


Рис. 3. Движение частицы в спокойной газовой среде

Тогда конечное движение частицы будет прямолинейным в направлении вектора веса и будет зависеть только от составляющей в направлении обтекания, т. е. от сопротивления частицы O . На частицу действует в направлении движения составляющая гравитационной силы (веса), а против направления движения – сопротивление среды и статическая подъемная сила W_c , обусловленная законом Архимеда. Уравнение движения будет иметь форму

$$Q_c - W_c - O = \frac{Q_c}{g} a, \quad (12)$$

т. е. ускорение частицы a в каждом моменте

зависит от мгновенной величины отдельных сил. Рассмотрим эти величины. Вес частицы постоянен и его можно определить из уравнения

$$Q_c = \Omega_c \gamma_m,$$

т. е. он зависит от объема частицы и от удельного веса материала частицы. Статическая подъемная сила частицы задана зависимостью

$$W_c = Q_c \gamma_r.$$

Эта подъемная сила зависит от объема частицы и удельного веса среды γ_r , в которой находится частица. Величина статической подъемной силы в газовой среде более чем в 1000 раз меньше веса частицы, поскольку отношение удельных весов материала частиц и газовой среды $\frac{\gamma_m}{\gamma_r} \geq 1000$. Поэтому для практических рассуждений о движении частицы в газовой среде можно при пневматическом транспортировании пренебречь действием статической подъемной силы, не нанося этим никакого ущерба точности. Необходимо обратить внимание на то, что в отношении других сред (например, воды при гидравлическом транспортировании) уже нельзя пренебречь воздействием статической подъемной силы, так как удельный вес воды почти в 1000 раз больше удельных весов газов. Этот факт позволяет упростить уравнение движения до выражения

$$Q_c = O = \frac{Q_c}{g} a. \quad (13)$$

Следующей силой, влияющей на движение частицы, является сопротивление среды. Сопротивление частицы является равнодействующей всех составляющих элементарных напорных и тангенциальных сил, действующих на поверхность частицы в направлении относительного обтекания. Величина и распределение элементарных сил зависят от способа обтекания частицы. Давление в определенной точке на поверхности частицы задано уравнением Бернулли, т. е. в нашем случае

$$P = P_0 - \frac{c^2 \gamma_r}{2g} - \Delta z, \quad (14)$$

где P – давление в данной точке поверхности частиц; P_0 – давление в спокойной среде; c – скорость обтекания частицы в данном месте поверхности частицы; $-\Delta z$ – потеря, считая с места, где измерено давление P_0 .

Из этой зависимости ясно видно влияние распределения давления в зависимости от способа обтекания. Напорные силы образуют так называемое сопротивление формы тела. Тангенциальные силы вызываются тем, что среда воздействует непосредственно на поверхность частицы. Поэтому среда достигает скорости обтекания лишь на определенном, весьма небольшом расстоянии от поверхности частицы. В этом поверхностном слое скорость обтекания изменяется от нуля до максимума. Слой у поверхности частицы называется граничным, и распределение скорости в этом слое задано воздействием тангенциальных напряжений в среде, т. е. влиянием вязкости среды, что определяется зависимостью

$$\tau = \vartheta \frac{dc}{dy}, \quad (15)$$

где τ – тангенциальное напряжение внутри среды; dc/dy – градиент скорости в направлении, перпендикулярном направлению скорости; ϑ – коэффициент динамической вязкости в $\text{кг} \cdot \text{с} / \text{м}^2$.

Если форма частицы такова, что вдоль ее поверхности возрастает статическое давление (т. е. сечение частицы в направлении относительного обтекания уменьшается), то в большинстве случаев происходит отрыв граничного слоя от стенки. Отрыв вызывается тем, что в области возрастающего давления среда затормаживается не только внутренним трением, но и приращением давления вдоль поверхности частицы, вызывающим движение среды из мест более высокого давления к местам с более низким давлением, т. е. против направления обтекания. После отрыва граничного слоя изменяется (вследствие образования вихря за телом) распределение давлений вдоль поверхности частиц и сопротивление формы тела.

Распределение тангенциальных сил вдоль поверхности частицы образует сопротивление трения тела. Оба вида сопротивления воз-

действуют друг на друга, и обычно их нельзя разделять. Имеются определенные формы тел, у которых преобладает один из этих двух видов сопротивлений. У очень тонкой пластинки, расположенной перпендикулярно направлению обтекания, преобладает сопротивление формы, и наоборот, если эта пластинка расположена в направлении обтекания, то в ней преобладает сопротивление трения.

В общем виде сопротивление частицы задано зависимостью

$$O = \xi F_{\text{ч}} \frac{\omega^2}{2g} \gamma_{\text{г}}, \quad (16)$$

где ξ – коэффициент сопротивления; $F_{\text{ч}}$ – аэродинамическое сечение частицы; ω – относительная скорость обтекания; $\gamma_{\text{г}}$ – удельный вес газовой среды; g – ускорение силы тяжести ($9,81 \text{ м/с}^2$).

Аэродинамическое сечение $F_{\text{ч}}$ – это прямоугольная проекция частицы в направлении относительного обтекания. У частиц сферической формы аэродинамическим сечением является круг, диаметр которого равен диаметру частицы, а у частиц кубической формы, стенка которых перпендикулярна направлению относительного обтекания, аэродинамическим сечением является квадрат со стороной, равной грани куба. У частицы кубической формы, диагональ которой расположена в направлении обтекания, аэродинамическим сечением является правильный шестиугольник со стороной $0,8165e$, где e – грань куба.

Следующей важной величиной для расчета является коэффициент сопротивления частицы ξ . Он охватывает все остальные составляющие сопротивления частицы, т. е. сопротивление ее формы и трения, а также влияние отрыва граничного слоя. Поэтому коэффициент для каждой формы тела и каждого положения его относительно направления обтекания различен. Кроме того, влияние отрыва граничного слоя выражено его зависимостью от безразмерного числа Рейнольдса Re :

$$Re = \frac{\omega e}{\nu}, \quad (17)$$

где e – характеристический размер частицы;

ν – кинематическая вязкость среды, заданная отношением $\vartheta / Q_{\text{г}}$, где ϑ – динамическая вязкость, a – удельная масса газовой среды.

У газов динамическая вязкость возрастает с температурой. Значения динамической вязкости для воздуха (чаще всего используемого в качестве транспортирующего газа) в зависимости от температуры приведены на диаграмме (рис. 4). Влияние давления на динамическую вязкость незначительно, и практически им можно пренебречь. Чаще всего применяют к воздуху при $20 \text{ }^\circ\text{C}$ показатель динамической вязкости $1,84 \cdot 10^{-6} \text{ кг}\cdot\text{с/м}^2$ и кинематической вязкости $15 \text{ м}^2/\text{с}$.

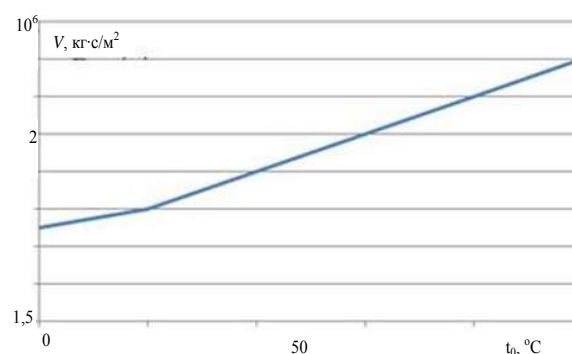


Рис. 4. Зависимость динамической вязкости воздуха от температуры [9]

В основном различают две группы форм частиц, одна из которых имеет коэффициенты сопротивления, не зависящие от числа Рейнольдса, тогда как вторая группа имеет коэффициенты сопротивления, зависящие от этого числа. У первой группы отрыв граничного слоя обусловлен однозначно влиянием ребра обтекания. Формы тел или частиц отличаются в основном тем, что вплоть до грани обтекания сечение тела либо возрастает, либо остается постоянным. На грани обтекания сечение тела резко изменяется. Коэффициенты сопротивления некоторых форм тел первой группы приведены в табл. 1. Вторая группа включает в округленные тела, не имеющие острых ребер обтекания, и у которых сечение в направлении течения уменьшается не сразу. Здесь место отрыва граничного слоя обусловлено условиями обтекания, и поэтому коэффициент сопротивления зависит от числа Рейнольдса. Наиболее тщательно исследован коэффициент сопротивления шара в зависи-

мости от числа Рейнольдса. Этот коэффициент сопротивления приведен на диаграмме (рис. 5) и в табл. 2. Для некоторых других форм эта зависимость указана ориентировочно на диаграмме (рис. 6).

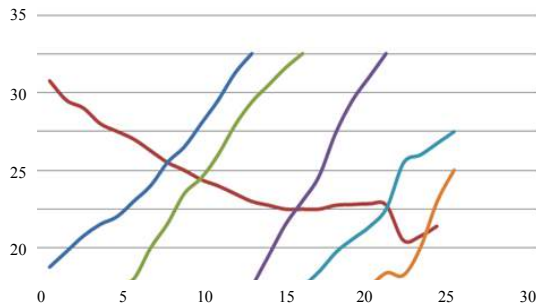


Рис. 5. Зависимость ξ от Re у шара; зависимость ξRe^2 и Re/ξ от Re [10]

Величина сопротивления для обоих этих случаев задана следующими зависимостями:

$$O = \xi F_{\text{ч}} \frac{\omega^2}{2g} \gamma_{\text{г}}, \quad (18)$$

где $\xi = \text{const}$ или $\xi = f\left(\frac{\omega e \gamma_{\text{г}}}{g}\right)$. (19)

Зная вязкость и удельный вес газа, скорость обтекания частиц, их форму и размер, можно по приведенным выше зависимостям определить величину сопротивления. Окончательным уравнением движения после подстановок будет

$$Q_{\text{ч}} - \xi F_{\text{ч}} \frac{\omega^2}{2g} \gamma_{\text{г}} = \frac{Q_{\text{ч}}}{g} a. \quad (20)$$

Для движения в спокойной среде, т. е. относительная скорость обтекания обусловлена скоростью движения частицы в среде. Тогда уравнение принимает форму

$$Q_{\text{ч}} - \xi F_{\text{ч}} \frac{v^2}{2g} \gamma_{\text{г}} = \frac{Q_{\text{ч}}}{g} a. \quad (21)$$

Если бы на частицы не действовало сопротивление среды ($\xi = 0$), то из этого уравнения вытекала бы известная зависимость $a = g$, подразумевающая равномерно ускоренное движение частицы. При сопротивлении среды ($\xi \neq 0$) в начальный момент, когда частица находится еще в покое ($v = 0$), сопротивление ее также равно нулю, а ускорение $a = g$.

Коэффициенты сопротивления некоторых форм тел первой группы

ξ	Форма тела
2,01	$a/b = \infty$
1,40	$a/b = 18$
1,33	Полый полушар
1,29	$a/b = 10$
1,22	Диафрагма (прямоугольная плита для различных a/b)
1,19	$a/b = 4$
1,17	Сплошной полушар
1,15	$a/b = 2$
1,11	Круглая плита
1,10	$a/b = 1$
0,99	$l/d = 7$
0,91	$l/d = 1$
0,87	$l/d = 4$
0,85	$l/d = 2$
0,51	Угол при вершине 60°
0,40	Сплошной полушар
0,34	Полый полушар
0,34	Угол при вершине 30°

Однако по мере возрастания скорости непрерывно возрастает второй член левой части уравнения (21) $a < g$ и ускорение уменьшается до достижения равновесия, когда $a = 0$, вытекающее из уравнения

$$Q_{\text{ч}} - F_{\text{ч}} \frac{v^2}{2g} \gamma_{\text{г}} = 0. \quad (22)$$

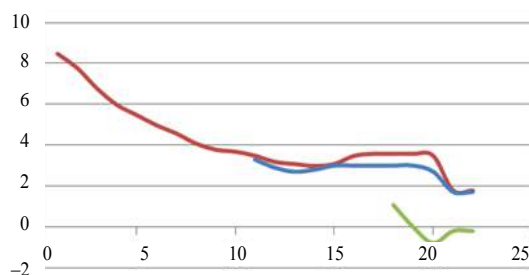


Рис. 6. Зависимость ξ от Re для частиц, имеющих форму валика и эллипсоида [11]

Поскольку все показатели, кроме v , в этом уравнении постоянны, получается, что при равновесном состоянии частица достигает некоторой конечной постоянной скорости, которую мы называем скоростью падения $v_{\text{п}}$. Величина ее равна

$$v_{\text{п}} = \sqrt{\frac{2g Q_{\text{ч}} \Omega_{\text{ч}} \gamma_{\text{м}}}{\xi F_{\text{ч}} \gamma_{\text{г}}}}. \quad (23)$$

Для частиц с постоянным коэффициентом ξ определить эту скорость просто, поскольку все величины в уравнении заданы однозначно. Труднее определить скорость падения тех частиц, у которых коэффициент ξ зависит от числа Рейнольдса, т. е. и от v_n . Ориентировочно определить скорость падения можно по диаграмме на рис. 5 или 6, узнав коэффициент ξ , и по уравнению (23) проверить v_n . Если значение v_n окажется больше, чем выбранное нами, то нужно заново выбрать так, чтобы коэффициент был большим, чем у ранее выбранной величины; если же v_n окажется меньше, то нужно поступить наоборот.

Чтобы облегчить расчет скорости падения округленных тел, можно использовать соответствующие математические выражения. Покажем этот способ в отношении шаровой частицы, поскольку его можно распространить и на другие формы. Сначала необходимо определить зависимости между характеристическим размером частицы, весом или объемом и аэродинамическим сечением. Для шара это будут следующие зависимости.

Характеристическим размером является диаметр шара d . Вес шаровой частицы равен

$$Q_{\text{ш}} = \frac{\pi d^3}{6} \gamma_{\text{м}}.$$

Аэродинамическое сечение частицы

$$F_{\text{ч}} = \frac{\pi}{4} d^2.$$

Подставим эти зависимости в уравнения (17) и (23):

$$\text{Re} = \frac{v_n d}{\nu}; \quad (24)$$

$$v_n = \frac{4g}{3} \frac{d \gamma_{\text{м}}}{\xi \gamma_{\text{г}}}. \quad (25)$$

Исключив v_n из обоих уравнений, получим после преобразования

$$\xi \text{Re}^2 = \frac{4g}{3} \frac{d^3}{\nu^2} \frac{\gamma_{\text{м}}}{\gamma_{\text{г}}} = \frac{4}{3g} \frac{d^3}{\nu^2} \gamma_{\text{м}} \gamma_{\text{г}}. \quad (26)$$

Исключив d , получим

$$\frac{\text{Re}}{\xi} = \frac{3}{4g} \frac{v_n^3}{\nu} \frac{\gamma_{\text{г}}}{\gamma_{\text{м}}} = \frac{3}{4g^2} \frac{v_n^3}{\nu} \frac{\gamma_{\text{г}}^2}{\gamma_{\text{м}}}. \quad (27)$$

Далее используем зависимости

$$v_n = \frac{\nu \text{Re}}{d} = \frac{\vartheta g}{\gamma_{\text{г}}} \text{Re} \quad \text{и} \quad d = \frac{\nu \text{Re}}{v_n} = \frac{\vartheta g \text{Re}}{\gamma_{\text{г}} v_n}. \quad (28)$$

Таблица 2

Коэффициенты сопротивления некоторых форм тел

Re	ξ	ξRe^2	Re / ξ
1·10 ⁻²	2,4·10 ³	2,4·10 ⁻¹	4,17·10 ⁻⁶
1·10 ⁻¹	2,4·10 ²	2,4·10 ⁰	4,17·10 ⁻⁴
2	1,2	4,8	1,67·10 ⁻³
3	8,0·10 ¹	7,2	3,75
5	4,95	1,24·10 ¹	1,01·10 ⁻²
7	3,65	1,79	1,92
1·10 ⁰	2,65	2,65	3,77
2	1,44	5,76	1,39·10 ⁻¹
3	1,04	9,37	2,88
5	6,9·10 ⁰	1,73·10 ²	7,25
7	5,4	2,65	1,296·10 ⁰
1·10 ¹	4,1	4,10	2,44
2	2,55	1,02·10 ³	7,84
3	2,0	1,8	1,50·10 ¹
5	1,5	3,75	3,33
7	1,27	6,23	5,55
1·10 ²	1,07	1,07·10 ⁴	9,35
2	7,7·10 ⁻¹	3,08	2,59·10 ²
3	6,5	5,85	4,61
5	5,5	1,38·10 ⁵	9,09
7	5,0	2,45	1,40·10 ³
1·10 ³	4,6	4,60	2,17
2	4,2	1,68·10 ⁶	4,76
3	4,0	3,60	7,50
5	3,85	9,60	1,299·10 ⁴
7	3,9	1,91·10 ⁷	1,785
1·10 ⁴	4,05	4,05	2,469
2	4,5	1,8·10 ⁸	4,444
3	4,7	4,23	6,383
5	4,9	1,23·10 ⁹	1,020·10 ⁵
7	5,0	2,45	1,400
1·10 ⁵	4,8	4,8	2,083
2	4,2	1,68·10 ¹⁰	4,762
3	2,0	1,80	1,500·10 ⁶
4	8,4·10 ⁻²	1,34	4,761
6	1,0·10 ⁻¹	3,6	6,000
1·10 ⁶	1,3	1,3·10 ¹¹	7,692
3	2,0	1,8·10 ¹²	1,500·10 ⁷

Кроме того, нам необходимо знать зависимость значений ξRe^2 и Re / ξ от числа Рей-

нольдса. Эти значения можно вывести из диаграммы $\xi = f(\text{Re})$, также они приведены на рис. 5 и в табл. 2.

Порядок расчета следующий. Если известен диаметр шаровой частицы d , то из уравнения (26) мы определяем значение ξRe^2 . Из диаграммы на рис. 5 или из табл. 1 определяем число Рейнольдса, а из первой зависимости (28) – v_n . Наоборот, если известна скорость падения шаровой частицы, то определяем из выражения (27) значение ξ , из диаграммы на рис. 5 или из табл. 1 – значение числа Рейнольдса, а по второй зависимости (28) определяем d , т. е. диаметр шаровой частицы. Таким образом, графоаналитическим методом можно определить скорость падения частиц округлой формы.

Некоторые авторы стремятся для упрощения расчетов аналитически выразить зависимость коэффициента ξ от числа Рейнольдса в определенном интервале чисел Рейнольдса для шаровой частицы как типичной формы округленных тел. Некоторые такие аналитические выражения просты и дают возможность осветить явления, вытекающие из более сложных зависимостей. Таким выражением для определенной узкой области чисел Рейнольдса является уравнение

$$\xi = \frac{K_0}{\text{Re}^{n_0}}. \quad (29)$$

Наиболее известно уравнение Стокса, где $K_0 = 24$, а $n_0 = 1$, т. е. $\xi = 24/\text{Re}$. Это выражение действительно для чисел Рейнольдса до 0,2, но часто его используют и в диапазоне до 2.

Подставив коэффициент ξ в уравнение (25), получим

$$v_n = \frac{1}{189} d^2 \gamma_m. \quad (30)$$

Однако правильность этой зависимости ограничена условием

$$d \leq \sqrt[3]{\frac{\text{Re} \cdot 189^2 g}{\gamma_m \gamma_r}} \quad (31)$$

или

$$v_n \leq \sqrt[3]{\frac{\text{Re}^2 \gamma_m 9g^2}{18\gamma_r^2}}, \quad (32)$$

где Re имеет значение 0,2 или соответственно 2.

До сих пор мы рассматривали установившееся движение частицы в спокойной среде. Рассмотрим теперь детально движение частицы в спокойной среде при неравновесном состоянии. При постоянном коэффициенте сопротивления ξ и начальных условиях $x = 0$, $v = 0$ зависимость пути x от скорости v частицы задано зависимостью

$$x = -\frac{v_n^2}{2g} \lg \left[1 - \left(\frac{v}{v_n} \right)^2 \right] \quad (33)$$

или же

$$x = \frac{v_n^2}{2g} m_1. \quad (34)$$

Зависимость значений m_1 изображена на диаграмме (рис. 7). Из этой диаграммы видно, что теоретически частица достигает скорости падения лишь на бесконечно длинном пути и что 99,2% скорости она приобретает на пути $x = 0,2 v_n^2$. С помощью диаграммы можно определить скорость движения частицы в любой точке ее пути.



Рис. 7. Диаграмма $m_1 = f(v/v_n)$

До сих пор мы исходили из постоянного коэффициента сопротивления для выведения кинематических величин при движении частицы. Это справедливо только для частиц, имеющих острую грань обтекания. Для округленных частиц, у которых коэффициент ξ зависит от числа Рейнольдса, интегрирование дифференциальных уравнений затруднительно, так как есть еще одна переменная, а именно коэффициент ξ , зависящий от числа Рейнольдса. Эта зависимость выражена в виде таблицы или графика (рис. 5 и табл. 2). Аналитические выражения, выведенные различными авторами, относящиеся к определённым областям чисел Рейнольдса, сложны, и

решение дифференциальных уравнений движения в этом случае затруднительно. Очень простое решение возможно при использовании зависимости Стокса для коэффициента сопротивления $\xi = \xi$ шаровой частицы.

Скорость падения частицы является важным аэродинамическим показателем, влияющим на работу установок пневматического транспорта. Поэтому проведем детальный анализ зависимости скорости падения от параметров среды, удельного веса материала и величины частиц. Рассмотрим сначала скорость падения частиц с постоянным коэффициентом ξ :

$$v_{\text{п}} = \sqrt{\frac{\text{const}}{\xi}} e \frac{\gamma_{\text{м}}}{\gamma_{\text{г}}}. \quad (35)$$

Для всех подобных частиц граненой формы выражение постоянно, поэтому

$$v_{\text{п}} = \text{const} \sqrt{e \frac{\gamma_{\text{м}}}{\gamma_{\text{г}}}}. \quad (36)$$

Скорость падения возрастает с корнем удельного веса материала частиц и с размером частиц. Влияние среды сказывается только ее удельным весом $\gamma_{\text{г}}$. У одной и той же частицы произведение $v_{\text{п}} \sqrt{\gamma_{\text{г}}} = \text{const}$. Скорость падения частицы обратно пропорциональна квадратному корню из удельного веса среды. Если состояние среды задано,

$$\gamma_{\text{г}} = \frac{P}{RT}, \quad (37)$$

то уравнением состояния является скорость падения частицы, обратно пропорциональная квадратному корню из давления и прямо пропорциональна квадратному корню из температуры среды. Скорость падения частицы не зависит в этом случае от вязкости среды. Для определения скорости падения округленных частиц, где коэффициент $\xi = f(\text{Re})$, справедливо уравнение

$$\begin{aligned} v_{\text{п}} &= \sqrt{f(\text{Re}) \text{const}} e \frac{\gamma_{\text{м}}}{\gamma_{\text{г}}} = \\ &= \sqrt{f\left(\frac{v_{\text{п}} \gamma_{\text{г}} e}{9g}\right)} \text{const} e \frac{\gamma_{\text{м}}}{\gamma_{\text{г}}}. \end{aligned} \quad (38)$$

В этом случае зависимость скорости падения от параметров среды более сложная.

Чтобы показать хотя бы в общих чертах зависимость скорости падения сферической частицы от параметров, заменим зависимость, указанную в диаграмме на рис. 5, для отдельных участков зависимостью (29), т. е.

$$\xi = \frac{K_0}{\text{Re}^{n_0}}.$$

Логарифмированием этой зависимости получим $\lg \xi = \lg K_0 - \lg \text{Re}$. Поскольку зависимость ξ от Re представлена в логарифмических координатах, то выражение представляет в этом случае прямую, точка пересечения которой с осью ординат (для числа Рейнольдса $\text{Re} = 1$) является значением K_0 , а n_0 – тангенс угла φ , образуемого прямой с отрицательной осью абсцисс (см. рис. 8). На диаграмме одновременно показана зависимость значений ξ от числа Рейнольдса для отдельных точек кривой $\xi = f(\text{Re})$.

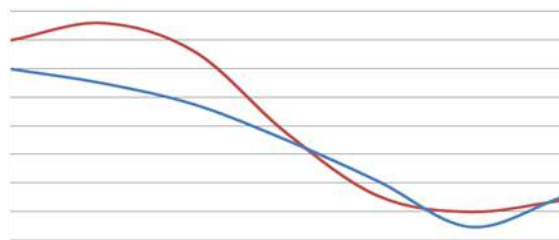


Рис. 8. Зависимость K_0 и n_0 от Re

Для определенного диапазона чисел Рейнольдса можно выбрать значения n_0 и K_0 в качестве средних. Тогда для скорости падения шаровой частицы будет справедливо выражение

$$v_{\text{п}} = \sqrt{\frac{4g}{3K_0}} \text{Re}^{n_0} d \frac{\gamma_{\text{м}}}{\gamma_{\text{г}}}. \quad (39)$$

После подстановки вместо $\text{Re} = \frac{v_{\text{п}} d \gamma_{\text{г}}}{9g}$ получим

$$v_{\text{п}}^{2-n_0} = \frac{4}{3} g^{1-n_0} \frac{d^{1+n_0}}{K_0 9^{n_0}} \frac{\gamma_{\text{м}}}{\gamma_{\text{г}}^{1-n_0}}. \quad (40)$$

Для области действия закона Стокса ($n_0 = 1$, $K_0 = 24$) справедливо $v_{\text{п}} = \frac{1}{18} \frac{d^2}{\nu} \gamma_{\text{м}}$.

В этой области скорость падения пропорциональна квадрату диаметра частицы, удельному весу материала частицы и обратно пропорциональна вязкости среды. Поскольку вязкость газа возрастает с температурой, то одновременно скорость падения обратно пропорциональна температуре среды. Для области $\xi = \text{const}$ ($n_0 = 0, K_0 = 0,47$)

$$v_n = \sqrt{\frac{4}{3} g \frac{d}{0,47} \frac{\gamma_m}{\gamma_r}},$$

а это выражение тождественно выражению для $\xi = \text{const}$.

В этой области скорость падения пропорциональна квадратному корню диаметра частицы и квадратному корню удельного веса материала частицы и обратно пропорциональна квадратному корню удельного веса среды. Поскольку удельный вес среды пропорционален давлению среды и обратно пропорционален абсолютной температуре, то скорость падения частицы пропорциональна квадратному корню абсолютной температуры и обратно пропорциональна квадратному корню абсо-

лютного давления среды. Здесь скорость падения не зависит от вязкости среды. Понятно, что в отношении зависимостей между обеими областями имеется большое различие.

Для любого n_0 справедливо

$$v_n = \left(\frac{4}{3K_0} \right)^{\frac{1}{2-n_0}} \left(\frac{g}{\gamma_r} \right)^{\frac{1-n_0}{2-n_0}} \times d^{\frac{1+n_0}{2-n_0}} \vartheta^{\frac{n_0}{n_0-2}} \gamma_m^{\frac{1}{2-n_0}}.$$

Для переходной области между обоими крайними случаями заменим зависимость прямой, взятой по диаграмме на рис. 8.

Определим значения K_0 и n_0 , а изменение скорости падения определим из выражения

$$\frac{v_{n2}}{v_{n1}} = \left(\frac{\gamma_{r1}}{\gamma_{r2}} \right)^{\frac{1-n_0}{2-n_0}} \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^{\frac{1+n_0}{2-n_0}} \times \left(\frac{\vartheta_1}{\vartheta_2} \right)^{\frac{n_0}{2-n_0}} \left(\frac{\gamma_{m2}}{\gamma_{m1}} \right)^{\frac{1}{2-n_0}},$$

где v_{n1} задано уравнением (25).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Урбан Я. Пневматический транспорт / под ред. Л. М. Шведова. М.: Машиностроение, 1967. 256 с.
2. Энергосберегающее оборудование для транспортировки сыпучих материалов: Исследование, разработка, производство / под ред. И. Г. Южакова. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2007. 317 с.
3. Транспортировка и складирование порошкообразных строительных материалов / И. П. Малевич [и др.]. М.: Стройиздат, 1984. 184 с.
4. Давыдов С. Я. Новое энергосберегающее печное, транспортное и складское оборудование в производстве цемента: учеб. пособие. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2004. 170 с.
5. Кузнецов Ю. М. Пневмотранспорт: теория и практика. Екатеринбург: УрО РАН, 2005. 61 с.
6. Камерный питатель нагнетательной пневмотранспортной установки / С. Я. Давыдов [и др.]. Пат. № 1437320 RU. Б.И., 1988. №42.
7. Камерный питатель нагнетательной пневмотранспортной установки / С. Я. Давыдов [и др.]. Пат. №1676970 RU. Б.И., 1997. № 19.
8. Камерный питатель нагнетательной пневмотранспортной установки / С. Я. Давыдов [и др.]. Пат. № 2083458 RU. Б.И., 1997. № 19.
9. Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. М.: Рипол Классик, 2013. 468 с.
10. Успенский В. А. Пневматический транспорт. Свердловск: Metallurgizdat, 1959. 232 с.
11. Справочник авиационного инженера / В. Г. Александров [и др.]. М.: Изд-во «Транспорт», 1973. 354 с.

Поступила в редакцию 2 сентября 2015 г.

Афанасьев Анатолий Ильич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой горно-промышленного транспорта. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет.

Потапов Валентин Яковлевич – доктор технических наук, профессор кафедры горной механики. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет.

Костюк Петр Андреевич – аспирант кафедры горной механики. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: kostyukpetr@bk.ru

Макаров Владимир Александрович – генеральный директор. 620028, г. Екатеринбург, ул. Татищева, 94, ЗАО Центр диагностики и экспертизы «Цветметналадка».

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА РЕСУРС ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ ГОРНЫХ МАШИН

Ивашенко Е. П., Марченко А. Ю., Юдкин Б. Ю., Марченко М. Ю.,
Салтанов С. Н., Баринов И. М., Викулов Е. А.

В статье рассмотрены вопросы учета низких отрицательных температур окружающей среды на работоспособность деталей и узлов горных машин. Получена зависимость изменения предела выносливости материала деталей и узлов от температуры окружающей среды. Приведен пример расчета ресурса вала вентилятора, учитывающего температурный фактор. Сделан вывод о необходимости учета температуры окружающего воздуха при комиссионных обследованиях горных машин.

Ключевые слова: детали; узлы горных машин; работоспособность; температура окружающей среды.

Рассматривая работоспособность горных машин и оборудования в регионах с низкими климатическими температурами, можно отметить, что поток отказов ряда деталей, узлов машин и металлоконструкций увеличивается здесь в 2–3 раза, а наработка на отказ уменьшается в 3 и более раза.

При низких температурах изменяются физико-механические характеристики сталей: прочностные характеристики возрастают с одновременным уменьшением показателей их пластических свойств. Начинают проявляться свойства низкотемпературной хрупкости и хладноломкости. Причем хрупкие разрушения преобладают в деталях, испытывающих динамические нагрузки и уже имеющих повреждения – трещины. Кроме того, при низких температурах наблюдается существенное снижение исходного предела выносливости элемента конструкции с концентратором напряжений, которым, как правило, является сварочный шов или зародыш трещины.

При снижении температуры изменяется сопротивление металла начальной пластической деформации, в зонах концентрации повышаются максимальные напряжения, увеличивается размах упругой и уменьшается размах пластической и полной деформации. Этот фактор необходимо учитывать при оценке хладостойкости элементов, так как экспериментально установлено, что при понижении температуры повышается чувствительность металлов к действию concentra-

ции напряжений.

Данные испытаний металлических образцов в режиме циклического нагружения показывают, что в условиях значительных нагрузок ($N = 10^4 - 10^5$ циклов) снижение температуры, как правило, сопровождается уменьшением прочности образцов с надрезом. Одной из причин снижения усталостной прочности образцов при низкой температуре является рост концентрации напряжений вследствие повышения сопротивления металла начальной пластической деформации. Циклические перегрузки вызывают в местах резкого изменения формы элемента напряжения, величина которых превышает предел текучести. С понижением температуры пластичность металла падает, увеличивается величина предела текучести, и перегрузки вызывают резкий рост уровня максимальных напряжений.

Таким образом, при низких температурах величина максимального перенапряжения $\sigma_{\text{пер}}$ увеличивается в большей степени, чем предел текучести $\sigma_{0,2}$, что приводит к опасности разрушения элемента металлоконструкции в местах концентрации напряжений. Отрицательное воздействие данного фактора может существенно усилиться при неправильном выборе термического режима сварки, приводящего к снижению пластичности.

В условиях низких температур трещиностойкость металла снижается из-за значительного уменьшения критических размеров трещины и трещинообразующих дефектов,

при достижении которых конструкция теряет несущую способность.

При низкой отрицательной температуре сокращается протяженность зоны пластической деформации стали.

В работе В. М. Миронова «Механические свойства сплавов на основе железа после облучения в гелий-водородной плазме» [1] наглядно показаны изменения прочности и пластичности сплавов на основе железа (рис.).

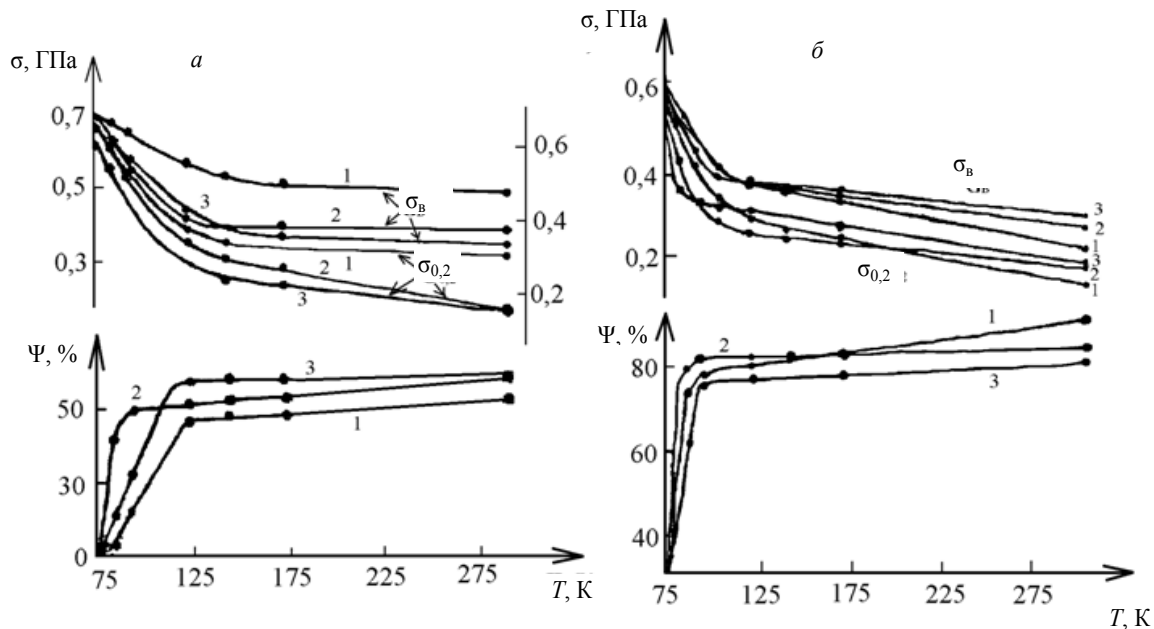


Рис. Температурные зависимости характеристик прочности и пластичности облученных сплавов: а – Fe – 0,06 % и б – Fe – 0,21% (Ψ – относительное сужение, %)

Например, для стали 03X13AG19 необходимо, чтобы число циклов нагружения пульсирующей нагрузкой ($a_n / a_{0,2} = 0,6$) при 20 °С за срок службы не превышало $1,5 \times 10^4$, а при температуре –160 °С не превышало $1,9 \times 10^3$ циклов, т. е. срок наработки на отказ сокращается в 8 раз.

На основе обработки данных об изменении прочности и пластичности сплавов на основе железа в зависимости от температуры окружающей среды нами получена приближенная зависимость предела выносливости $\sigma_{-1} = f(T)$, которую в обобщенном виде можно записать следующим образом:

$$\sigma_{-1}(T) = 0,053\sigma_{-1}e^{0,01T}, \quad (1)$$

где T – среднегодовая температура окружающей среды в градусах Кельвина; σ_{-1} – предел выносливости материала детали при изгибе.

Следовательно, показатель m при симметричном цикле нагружения детали или узла горной машины (например, формула (1) МУ

15-2007 [2]) может быть определен по следующей зависимости

$$m = 14 - 7 \frac{\sigma_{\max, экв}}{K_k \cdot 0,053 \sigma_{-1} e^{0,01T} \cdot 100}, \quad (2)$$

где K_k – коэффициент коррозии; $\sigma_{\max, экв}$ – максимальное эквивалентное напряжение нагруженного цикла детали и узла.

Показатель m при несимметричном цикле нагружения (формула (2) МУ 15-2007 [2]) определится по следующей зависимости:

$$m = 14 - 7 \frac{\sigma_{\max, экв}}{K_k \cdot 0,053 \sigma_{-1} e^{0,01T} \cdot 100} K_{\sigma}, \quad (3)$$

где K_{σ} – коэффициент асимметричности нагруженного цикла детали или узла горной машины (определяется по известным методикам) [3, 4].

В качестве примера был определен показатель m для вала вентилятора ВЦД-47 «Север» Норильского ГМК при температуре окружающей среды 20 и –20 °С (соответственно 293 и 253 К). Материал вала – сталь

34ХН1М, частота вращения 495 мин⁻¹, коэффициент коррозии 0,75, коэффициент симметричности цикла 0,79, максимальное эквивалентное напряжение в сечении вала составило 9126 Н/см². Результаты расчетов показали, что при $t_{окр} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ $m = 9,92$, а при $t_{окр} = -20\text{ }^{\circ}\text{C}$ $m = 7,94$, что свидетельствует о

значительном снижении ресурса деталей и узлов горных машин при их работе в условиях отрицательных температур.

Следовательно, температурный фактор необходимо учитывать при техническом диагностировании горных машин, особенно работающих в северных условиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Миронов В. М. Механические свойства сплавов на основе железа после облучения в гелий-водородной плазме // Вестник СамГТУ. Сер. «Физ.-мат. науки». 2003. № 19.
2. Методические указания по определению остаточного ресурса шахтных вентиляторов главного проветривания, работающих с превышением нормативного срока эксплуатации. МУ 15-2007 // Тимухин С. А. [и др.].
3. Шелофаст В. В. Основы проектирования машин. М.: Изд-во АПМ, 2004. 472 с.
4. Несущая способность и расчет деталей машин на прочность: справ. пособие / под ред. С. В. Серенсена. М.: Машиностроение, 1975. 488 с.

Поступила в редакцию 7 сентября 2015 г.

Ивашенко Евгений Петрович – главный инженер, эксперт. 620028, г. Екатеринбург, ул. Татищева, 94, ЗАО Центр диагностики и экспертизы «Цветметналадка». E-mail: diagnos.cmn@gmail.com

Марченко Андрей Юрьевич – начальник лаборатории неразрушающего контроля, эксперт. 620028, г. Екатеринбург, ул. Татищева, 94, ЗАО Центр диагностики и экспертизы «Цветметналадка».

Юдкин Борис Юрьевич – ведущий инженер, эксперт, 620028, г. Екатеринбург, ул. Татищева, 94, ЗАО центр диагностики и экспертизы «Цветметналадка».

Марченко Михаил Юрьевич – ведущий инженер, эксперт. 620028, г. Екатеринбург, ул. Татищева, 94, ЗАО Центр диагностики и экспертизы «Цветметналадка».

Салтанов Семен Николаевич – ведущий инженер, эксперт. 620028, г. Екатеринбург, ул. Татищева, 94, ЗАО Центр диагностики и экспертизы «Цветметналадка».

Баринов Игорь Михайлович – ведущий инженер, эксперт. 620028, г. Екатеринбург, ул. Татищева, 94, ЗАО Центр диагностики и экспертизы «Цветметналадка».

Викулов Евгений Александрович – инженер, эксперт. 620028, г. Екатеринбург, ул. Татищева, 94, ЗАО Центр диагностики и экспертизы «Цветметналадка».

ОПЫТ РАБОТЫ ФРЕЗЕРНОГО КОМБАЙНА НА КОЕЛГИНСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ МРАМОРА

Чеботарев С. И.

В статье приведен опыт работы и преимущества использования фрезерного комбайна при разработке месторождения мрамора. Описаны условия применения комбайна *Wirtgen 2500 SM* и даны основные показатели его работы на различных участках Коелгинского месторождения мрамора.

Ключевые слова: фрезерный комбайн; месторождение мрамора; карьер; схемы работы; глубина фрезерования; использование времени работы.

Коелгинское месторождение имеет простое тектоническое строение и характеризуется моноклиналильным залеганием мраморов с падением на восток под углом около 65°. Мрамор, слагающий нижнюю часть месторождения, характеризуется преимущественно однородным строением без явных признаков напластования. Структура в основном среднезернистая, текстура – массивная. Мощность мрамора около 200 м. Монолитное, массивное строение мраморов месторождения нарушено неравномерной трещиноватостью. Закарстованность мраморов незначительна. Поверхностный и внутренний карст составляют 4 % от всего объема мраморов. По внешнему виду коелгинский мрамор представляет

собой массивную породу ахроматического цветового ряда, имеющую светлые тона от белого до светло-серого, реже серого.

Около половины мраморов месторождения представлены крупнозернистыми и среднезернистыми разновидностями со средним размером зерен соответственно 0,6 и 0,2 мм; более одной трети – разномасштабными с колебанием размеров зерен от 0,05 до 1,6 мм (в среднем 0,4 мм). Изредка встречаются мелкозернистые мраморы с размером зерен 0,07 мм. Средний размер зерен кальцита мрамора месторождения составляет 0,4 мм.

Основные физико-механические характеристики мрамора Коелгинского месторождения приведены в табл. 1.

Таблица 1

Физико-механические свойства мрамора Коелгинского месторождения

Значение показателей свойств	Физико-механические свойства									
	плотность, г/см ³	водопоглощение, %	пористость, %	предел прочности при сжатии, МПа		снижение прочности при сжатии в водонасыщенном состоянии, %	сопротивление удару, см	морозостойкость	кислотостойкость, %	истираемость, г/см ²
				в сухом состоянии	в водонасыщенном состоянии					
Минимальное	2,63	0,02	1,47	24,30	34,60	0,00	9,00	F25	0,04	0,23
Максимальное	2,73	0,73	4,01	111,60	110,20	43,70	50,00	F100	3,08	3,30
Среднее	2,69	0,23	2,22	73,10	67,10	12,10	45,60	F50	1,00	1,38

Разработку Коелгинского месторождения мрамора осуществляет ЗАО «Коелгамрамор», являющееся крупным производителем облицовочных плит и мраморных изделий. Мрамором, добытым на месторождении, облицованы широко известные в стране и мире

здания и сооружения. В их числе Храм Христа Спасителя, Дом правительства Российской Федерации, сооружения мемориального комплекса на Поклонной Горе, станции метрополитена в Москве, Санкт-Петербурге, Екатеринбурге и др.

Учитывая потребности рынка, в последние годы предприятие одновременно с развитием традиционных направлений использования мрамора наращивает производство новой продукции: микроизмельченного мрамора, мраморного песка с узкими границами по гранулометрическому составу, а также мраморного щебня.

Рост объемов производства новых видов продукции требует увеличения объемов добычи мрамора и внедрения на карьерах предприятия нового высокопроизводительного оборудования. С учетом горно-геологических условий месторождения и требований к качеству добываемого сырья была рассмотрена целесообразность применения в условиях карьеров предприятия

Основной особенностью карьерного фрезерного комбайна является возможность осуществления выемки и погрузки крепких пород без предварительной их подготовки с использованием взрывных работ. При этом за счет отказа от взрывных работ улучшаются экономические показатели горных работ, снижается отрицательное воздействие на окружающую среду, исключается сейсмическое воздействие на расположенные вблизи карьера здания и сооружения, повышается безопасность разработки месторождения. Осуществляя за один проход разрушение горных пород, их выемку и погрузку в транспортные средства, фрезерный комбайн заменяет сразу несколько горных машин, а его использование позволяет исключить или значительно снизить объем работ по дроблению полезного ископаемого.

Для принятия решения о целесообразности применения карьерных комбайнов при разработке Коелгинского месторождения мрамора необходимо:

– установить принципиальную возможность качественной выемки мрамора фрезерным комбайном;

– сравнить эффективность существующей технологии добычи мрамора с эффективностью безвзрывной технологии, предусматривающей выемку горной массы карьерным комбайном;

– определить параметры работы фрезерного комбайна, обеспечивающие наибольшую эффективность разработки.

С целью решения перечисленных задач в 2014 году на предприятие был доставлен фрезерный комбайн фирмы *Wirtgen* модели 2500 SM (рис. 1), хорошо зарекомендовавший себя при разработке крепких пород на карьерах мира. В настоящее время несколько десятков комбайнов *Wirtgen 2500 SM* успешно используются на горнодобывающих предприятиях России, США, Австралии, Индии, Гвинеи, Узбекистана при добыче бокситов, угля, фосфоритов, известняка, мела, горючего сланца и других видов минерального сырья [1–5].

Комбайн имеет рабочий орган в виде фрезерного барабана с резцами, закрепленными в специальных резцедержателях, находящийся в центральной части машины. При поступательном движении комбайна барабан вращается в направлении, обратном направлению движения, и резцы срезают породу, которая перемещается к центру барабана направляющими, имеющими вид встречного шнека. Горная масса поступает на конвейер и далее на поворотную погрузочную консоль, расположенную в задней части. Ходовая часть имеет четыре гусеничные тележки, обеспечивающие высокую маневренность.

Основные технические параметры карьерного фрезерного комбайна *Wirtgen 2500 SM* приведены в табл. 2.

Таблица 2

Технические параметры комбайна *Wirtgen 2500 SM*

Показатель	Значение показателя
Ширина фрезерования, мм	2500
Глубина фрезерования, мм	0–600
Диаметр барабана с рабочим инструментом, мм	1400
Мощность двигателя, кВт	783 (1065)
Рабочая масса с полными баками, т	100,5

Показатель	Значение показателя
Вместимость бака, л:	
топливного	2400
масляного	500
водяного	2800
Размеры ходовых тележек, мм:	
длина	2920
ширина	400
высота	970

На Коелгинском месторождении для работы комбайна в карьере были выделены три участка с наиболее характерными горно-гео-

логическими условиями. Участок № 1 находится на горизонте 253,5 м в зоне интенсивно трещиноватых мраморов. Мрамор в зонах



Рис. 1. Комбайн *Wirtgen 2500 SM* на Коелгинском месторождении мрамора

трещиноватости серовато-белый с желтым оттенком, сильно выветрелый, рыхлый, сильно ожезненный, иногда загрязнен глиной из небольших карстовых полостей и открытых трещин. При проведении работ длина рабочего прохода комбайна на участке № 1 составляла 250 м. Участок № 2 расположен ниже участка № 1, на горизонте 248,5 м, в зоне умеренной трещиноватости. Карстовые зоны верхнего горизонта на уровне участка постепенно выклиниваются и уменьшают свою интенсивность. В начале участка отмечены одиночные крутопадающие трещины,

а далее имеется зона интенсивной пологопадающей трещиноватости. Плоскости трещин сильно ожезнены. На участке № 2 длина рабочего хода комбайна составила 130 м. Участок № 3 находился на горизонте 235,0 м в зоне слаботрещиноватых мраморов. Длина рабочего хода комбайна на участке № 3 составляла 100 м.

В ходе работы фрезерного комбайна *Wirtgen 2500 SM* погрузка горной массы осуществлялась в автосамосвал Белорусского автозавода БелАЗ-7540 грузоподъемностью 30 т, а также автосамосвалы китайских произво-

дителей SHACMAN и САМС грузоподъемностью 25 т. Были использованы различные варианты взаимного расположения комбайна и автосамосвала (рис. 2).

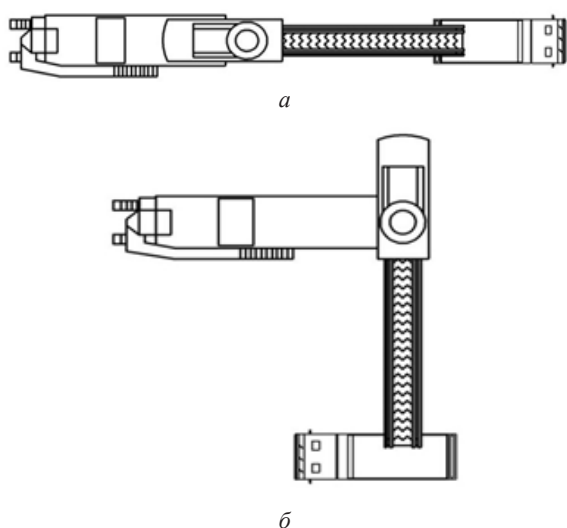


Рис. 2. Взаимное расположение комбайна *Wirtgen 2500 SM* и автосамосвала:

a – автосамосвал находится сзади за комбайном и перемещается при погрузке вперед кузовом; *б* – автосамосвал находится сбоку от комбайна и перемещается при погрузке вперед кабиной

В связи с тем, что на показатели эксплуатации комбайна существенное влияние оказывает схема его работы, были рассмотрены несколько три варианта схем:

- с разворотом в конце участка непосредственно на рабочей площадке;
- с выходом комбайна в конце участка на поверхность по наклонной выработке и с разворотом комбайна на поверхности;
- челноковая схема с обратным холостым ходом.

Глубина фрезерования составляла 100–150 мм. Однако на некоторых проходах комбайна она достигала 200–300 мм, и один проход на участке № 3 был выполнен с глубиной фрезерования 500 мм. Несколько проходов комбайн выполнял после работы катка фирмы НАММ модели 3625VC. При этом производительность комбайна увеличивалась на 10–20 %.

Во время работы на участках проводились измерения эксплуатационных параметров комбайна, определяющих его производительность, осуществлялись хронометраж,

взвешивание загруженных автосамосвалов и анализ фракционного состава погруженной горной массы. При выполнении хронометража регистрировалось время чистой работы комбайна на фрезеровании и погрузке горной массы, время, затраченное на ожидание автосамосвалов, время на перегоны и маневры комбайна, на ежесменное обслуживание, включающее заправку дизельным топливом и водой, очистку конвейера, на осмотр и смазку узлов комбайна, проверку его систем, замену резцов и т. п. Структура использования времени комбайна в течение рабочего дня 23 мая 2015 года приведена на рис. 3.



Рис. 3. Использование времени комбайна в течение рабочего дня

В течение этого дня комбайн кроме фрезерования и погрузки горной массы в автосамосвалы перемещался по съездам с участка № 1 на участок № 2, а потом, выполнив работы на участке № 2, перемещался на участок № 3. Значительное время было потрачено на ожидание автосамосвалов и остановку для очистки участка грейдером. Осуществлялись также заправка комбайна топливом и водой, замена резцов. В результате непосредственно на фрезерование приходится только 41 % от полного времени рабочего дня. За это время были загружены 27 автосамосвалов Шахман и САМС.

При сокращении времени ожидания автосамосвалов, увеличении длины обрабатываемых участков (приводящем к снижению затрат времени на развороты) и исключении частых перегонов с участка на участок возможно существенное повышение производительности и эффективности рабо-

ты комбайна.

Замеры времени, затрачиваемого на погрузку одного автосамосвала грузоподъемностью 25 т, показали, что его величина колеблется от 6–7 до 10–12 мин. Широкий диапазон времени погрузки самосвала говорит о том, что площадки на тех участках, где работал комбайн, сложены породами, имеющими различные физико-механические свойства. В соответствии с изменением физико-механических свойств мрамора изменялась скорость движения комбайна при фрезеровании и его производительность.

Существенное влияние на работу комбайна оказывала также глубина фрезерования. Так, увеличение ее с 100–150 мм до 500 мм при одном из проходов на участке № 3 привело к значительному повышению износа резцов.

Анализ опыта работы комбайна Wirtgen 2500 SM на Коелгинском месторождении позволил установить принципиальную возможность выемки мрамора фрезерным комбайном и определить рациональные режимы фрезерования, обеспечивающие наибольшую эффективность безвзрывной разработки этого месторождения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пихлер М., Панкевич Ю. Б. Комбайн Wirtgen 2500 SM на известняковом карьере Foreman // Горная промышленность. 2003. № 6. С. 50–54.
2. Комбайны Wirtgen 2500 SM в карьерах Липецкого карьероуправления ОАО «Липецкцемент» / М. Пихлер [и др.] // Горная промышленность. 2008. № 4. С. 26–29.
3. Пихлер М., Панкевич Ю. Б., Леу С. П. Комбайны Wirtgen Surface Miner на разработке месторождений фосфоритов Республики Узбекистан // Горная промышленность. 2009. № 1. С. 13–17.
4. Пихлер М., Панкевич Ю. Б. Комбайны Wirtgen Surface Miner на открытых горных работах: история развития, масштабы применения и перспективы расширения // Горная промышленность. 2009. № 2. С. 54–57.
5. Горный комбайн Wirtgen Surface Miner 2500 SM на меловом карьере месторождения «Большевик» ОАО «Вольскцемент» / М. Пихлер [и др.] // Горная промышленность. 2011. № 5. С. 34–38.

Поступила в редакцию 15 сентября 2015 года

Чеботарев Сергей Иванович – первый заместитель генерального директора. 456576, Челябинская область, Еткульский район, с. Коелга, ул. Промышленная, к. 1. ЗАО «Коелгамрамор».

УДК 553.043

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОБОСНОВАНИЯ КОНДИЦИЙ ПРИ ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Фадеев А. В., Косолапов О. В., Цейтлин Е. М.

В статье рассматривается значимость кондиций с позиции поддержания уровня производства минерального сырья. Обосновывается необходимость учета экологического фактора при определении величины кондиций. Рассматривается сущность динамических кондиций и дифференциальная система кондиций, предлагаемая профессором Сюй Тао, которая была реализована на ряде эксплуатируемых месторождений Китая.

Ключевые слова: динамические, дифференциальные кондиции; экологический фактор; обоснование.

Минеральные ресурсы относятся к числу ограниченных и невозобновимых природных ресурсов, используемых человеком для удовлетворения своих потребностей. Образовавшиеся в земной коре в течение миллионов и миллиардов лет скопления химических минеральных соединений, называемые *запасами* месторождений полезных ископаемых, добываются и рассеиваются в окружающей среде за десятилетия и годы. В связи с исчерпанием многих источников минерального сырья в настоящее время нарастает постоянный его дефицит. Поддержание уровня производства минерального сырья как основы существования цивилизации достигается действиями по нескольким направлениям. Это наращивание мощностей по добыче, увеличение производительности горнотранспортного оборудования, горных предприятий, карьеров, шахт; вовлечение в отработку новых месторождений с пониженным содержанием полезных компонентов, неблагоприятными географо-экономическими и горнотехническими условиями эксплуатации; освоение новых видов минерального сырья, а также доработка уже известных и эксплуатируемых месторождений на флангах и глубоких горизонтах; повторная разработка месторождений и техногенных образований: отвалов, отходов обогащения и металлургической переработки горного и металлургического производств.

Основным инструментом геолого-экономической оценки месторождений в современных условиях является применение кондиций для подсчета запасов полезных ископаемых. В соответствии с действующими нормативно-правовыми документами, регламентирующими отношения при использовании недр (ФЗ «О недрах», инструкции по применению классификации запасов, методические положения и др.), кондиции на минеральное сырье представляют собой совокупность требований к качеству и количеству полезных ископаемых, находящихся в недрах, горно-геологическим и иным условиям, обеспечивающих наиболее полное, комплексное и безопасное использование недр на рациональной экономической основе с учетом экологических последствий эксплуатации месторождений. Существует объективное противоречие между интересами общества в целом (государства, цивилизации, собственника, а точнее, распорядителя недр) и производителя, собственника добытого из недр минерального сырья [1]. Если первые заинтересованы в наиболее полном извлечении и использовании сырья, то вторые – в извлечении максимальной прибыли в единицу времени. Кондиции, которые должны обеспечивать возможность получения товарной продукции, являются важным регулятором этих отношений.

В основе кондиций лежит принцип без-

убыточности горного производства, его экономической целесообразности и эффективности с получением нормативной прибыли [2]. В состав основных параметров кондиций входят: бортовое и минимальное промышленное содержание компонентов и вредных примесей, мощность рудных тел и прослоев безрудных пород, горнотехнические и гидрогеологические условия эксплуатации, а также запасы изолированных рудных тел и блоков, удаленных от основных запасов месторождения. Правильность определения минимального промышленного содержания обуславливается оптимальным выбором бортового содержания в пробе, принимаемого при оконтуривании запасов. Последнее определяется геологическими методами и технико-экономическими расчетами по вариантам с выбором оптимального варианта по количеству, качеству запасов и производительности горного предприятия с учетом современных экологических и социально-экономических требований.

В зависимости от стадии геологического изучения и промышленного освоения изучаемого объекта различаются *временные* и *постоянные* разведочные кондиции для подсчета запасов и ресурсов полезных ископаемых, а также *эксплуатационные* кондиции, имеющие целью обеспечение нормального процесса эксплуатации месторождения. Параметры кондиций различных стадий могут изменяться и уточняться по мере повышения степени изученности месторождения, а также в связи с изменением конъюнктуры рынка минерального сырья.

Существующая практика геолого-экономической оценки месторождений предполагает разработку кондиций путем составления технико-экономических обоснований (ТЭО) по завершению определенного этапа геологического изучения объекта. Временные разведочные кондиции разрабатываются по материалам предварительных промежуточных стадий разведки месторождения (поисковые и оценочные работы). Постоянные кондиции – по результатам разведочных работ (детальная разведка, доразведка) и служат целью

подсчета запасов для составления техно-рабочего проекта на разработку месторождения. Составление ТЭО кондиций с проведением государственной экспертизы является довольно сложным и дорогостоящим делом и осуществляется раз в несколько лет и даже десятилетий. Фиксированные на момент оценки параметры, используемые для расчета кондиций, лишают их гибкости. Кондиции устаревают и не отвечают требованиям современного состояния по объекту. Изменение горно-технологических и экономических условий эксплуатации месторождения, динамики мирового рынка минерального сырья требуют зачастую их корректировки. При этом часть забалансовых запасов может переходить в балансовые и наоборот. В числе основных недостатков определения кондиций на сегодня большинством исследователей отмечается их нечувствительность к изменению затратно-ценовых условий [3, 4, 5 и др.] и недостаточная полнота учета социального и экологического факторов [6, 7, 8].

При расчете кондиций и их корректировке требуется более полный и всесторонний учет экологических последствий негативного воздействия горного производства на окружающую среду (ОС), который в существующих методиках сводится лишь к включению прямых затрат на экологическое обеспечение горного производства. В то же время не учитываются текущие и отдаленные последствия освоения месторождений, возникающие при добыче полезного ископаемого и зависящие от его вида (который во многом определяет технологию и технику), а также тип и уровень выбросов, сбросов загрязнений в окружающую среду, характер и количество размещаемых отходов. Кроме того, эти последствия зависят от способа добычи, технологии переработки полезного ископаемого, пространственного местонахождения месторождения, что особенно важно учитывать при проектировании объектов в новых удаленных необжитых районах. С учетом этих факторов доработка эксплуатируемых месторождений (даже находящихся в районах с повышенной экологической нагрузкой) может быть

более предпочтительной, чем освоение новых, находящихся в экологически чистых, но сильно уязвимых районах (например, в районах Крайнего Севера), при сопоставлении прогнозируемой величины экономического ущерба [9, 10]. Следует также иметь в виду, что с прекращением деятельности горного предприятия негативные воздействия на ОС не прекращаются, а лишь постепенно затухают [11]. В связи с этим должны предусматриваться работы и средства на восстановление ОС.

По сравнению с воздействием на окружающую природную среду различных промышленных комплексов, горные предприятия оказывают наиболее сильное и разностороннее воздействие на геосферы: литосферу, гидросферу, атмосферу, биосферу, а также искусственную сферу обитания человека (социосферу) [12, 13]. Увеличение объемов извлекаемой на поверхность горной массы, чаще всего за счет месторождений с малым содержанием полезных ископаемых, сопровождается прогрессирующим накоплением на земной поверхности хвостов переработки, в связи с чем горное производство становится все более агрессивным по отношению к окружающей среде. Особую значимость имеет проблема промышленного землепользования ввиду многообразия отходов и объектов их хранения, как в период эксплуатации, так и после консервации. Сферой наиболее неблагоприятного воздействия на окружающую среду являются регионы интенсивной добычи сырья, в том числе Урал.

Анализ многолетней деятельности действующих горных предприятий показывает, что при оценке их деятельности, а также при проектировании новых предприятий необходимо учитывать как уровень негативного воздействия на окружающую среду, так и уровень экологической опасности самого предприятия, включающий учет интенсивности воздействия с ранжированием по уровням влияния всех факторов воздействия на все элементы биосферы. Все это должно учитываться на начальных стадиях оценки месторождений, к которым относится разработка кондиций.

Второй аспект, требующий регулирования, связан с обеспечением гибкости кондиций. В последние годы для повышения гибкости оценки состояния запасов рядом исследователей рекомендуется использование динамических кондиций, которые рассматриваются то в качестве «следующего шага после эксплуатационных кондиций» [14], то в качестве замены эксплуатационных кондиций. Они предусматривают оперативную корректировку утвержденных кондиций в упрощенном порядке при изменении условий и сохранении размера внутренней нормы доходности (ВНД) предприятия. Грубо говоря, существующие кондиции: временные, постоянные, эксплуатационные – также представляют собой динамические кондиции по стадиям оценки месторождения. Динамические кондиции рекомендуется определять упрощенным способом с применением номограмм, однако более предпочтительным является их обоснование на основе традиционного расчета чистого дисконтированного дохода (ЧДД) без представления на госэкспертизу полного набора документов и материалов, требуемых для обоснования постоянных кондиций. Количественное выражение критерия доступности – D предлагается определять отношением фактической цены товарного продукта (C_{ϕ}) к его расчетной цене (C_p):

$$D = C_{\phi} / C_p.$$

Решение об основании и использовании запасов при этом принимается при условии $D > 1$ [15]. Фактически при определении C_{ϕ} могут быть использованы цены мировых сырьевых рынков, в свою очередь величина C_p будет зависеть от предстоящих затрат. За рубежом оценка балансовой принадлежности запасов осуществляется с помощью кривых доступности запасов, которые показывают, какие запасы могут переходить в разряд рентабельных при изменении экономических условий.

Разновидностью динамических кондиций можно считать рекомендуемую профессором Канадского горного университета Сюй Тао

[16] в Китае дифференциальную систему кондиций (ДСК), увязывающую параметры кондиций со степенью геологической изученности запасов блоков и подготовленности их для промышленного освоения. Основная научная идея заключается при этом в том, что при оценке балансовой принадлежности блоков с запасами высоких категорий А и В и тем более для запасов, вскрытых горными работами и подготовленных к выемке, из расчета следует исключать затраты на их обоснование (так как они уже произведены). Тогда при среднем уровне экономической эффективности запасы блоков категорий А и В могут обрабатываться при качестве ниже минимального промышленного, рассчитанного в среднем по месторождению. Сюй Тао в качестве примера приводит собственную классификацию запасов полезных ископаемых, где условное содержание полезного компонента в запасах категории С₂, равное 18 %, понижается до 11–12 % в запасах категории А и подготовленных к выемке. При постепенном переходе руд во вмещающие породы это может соответственно дать прирост запасов на 5–6 %. Система ДСК была успешно применена на ряде эксплуатируемых месторождений Китая, в частности на вольфрамитовом руднике Гуймейшан, рудниках по добыче золота

Далюхан и Чинлин, а также медном руднике Машанфу, что позволило продлить срок существования этих рудников более чем на два десятилетия.

Относясь в определенной мере критически к предложенной методике в связи с относительно небольшой долей затрат на подготовку запасов высоких категорий в общих затратах на добычу и переработку, определенным субъективизмом в разграничении запасов по категориям при разведке и тем фактором, что запасы высоких категорий, как правило, отличаются повышенным качеством, считаем данный подход принципиально возможным и интересным. Дифференциальная система кондиций может быть применена для уточнения геолого-экономических оценок по ряду месторождений Урала и других регионов, включая бывшие республики СССР. Приоритетными объектами оценки могут быть как новые месторождения и перспективные рудопроявления, так и эксплуатируемые месторождения с запасами забалансовых руд, а также рудных залежей на флангах и глубоких горизонтах. Несомненный интерес представляет учет макроэкономических факторов, в числе которых может рассматриваться вхождение отдельных объектов в территориально-промышленные комплексы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Глазков В. А. Баланс интересов государства и недропользователя при геолого-экономической оценке месторождений // Разведка и охрана недр. 2002. № 6–7. С. 29–31.
2. Методические рекомендации по технико-экономическому обоснованию кондиций для подсчета запасов месторождений твердых полезных ископаемых (кроме углей и горючих сланцев): утв. распоряжением МПР РФ от 05.06.2007. № 37-р.
3. Чернявский А. Г. О динамических кондициях для подсчета запасов твердых полезных ископаемых и возможных областях их использования // Минеральные ресурсы России. 2007. № 6. С. 34–37.
4. Подтуркин Ю. А., Коткин В. А. Динамические кондиции как инструмент достижения баланса интересов государства и недропользователя при разработке месторождений // Минеральные ресурсы России. 2007. № 4. С. 54–57.
5. Свицкий М. А. Рациональное использование недр и динамические кондиции // Минеральные ресурсы России. 2008. № 2. С. 62–64.
6. Иванова Н. В., Игнатьева М. Н., Ляпцев Г. А. Методический подход к экономическому обоснованию эксплуатационных кондиций в условиях доработки месторождения // Изв. вузов. Горный журнал. 2011. № 6. С. 54–60.
7. Игнатьева М. Н., Косолапов О. В., Детковская Н. В. Реализация социально-экономического подхода при обосновании эксплуатационных кондиций // Всероссийский журнал научных публикаций. 2012. № 4(14).
8. Ляпцев Г. А. Совершенствование экономического обоснования кондиций в условиях формирования устойчивой минерально-сырьевой базы: автореф. ... канд. экон. наук. Екатеринбург, 2006. 25 с.
9. Экономическая оценка вреда, причиняемого арктическим экосистемам при освоении нефтегазовых ресурсов / М. Н. Игнатьева [и др.] // Экономика региона. 2014. № 1. С. 102–111.
10. Игнатьева М. Н., Литвинова А. А., Косолапов О. В. Экономическая оценка экологических

последствии й освоения минеральных ресурсов // Изв. вузов. Горный журнал. 2012. № 7. С. 13–16.

11. Динамика негативного воздействия на окружающую среду на разных стадиях развития горного производства / А. Ф. Фадеев [и др.] // Изв. вузов. Горный журнал. 2012. № 1. С. 39–46.

12. Хохряков А. В., Фадеев А. Ф., Цейтлин Е. М. Динамика изменения воздействия ведущих горных предприятий Урала на окружающую среду // Изв. вузов. Горный журнал. № 8. 2011. С. 44–53.

13. Семячков А. И., Игнатова М. Н., Литвинова А. А. Выявление и типология последствий воздействия горнопромышленных комплексов на окружающую среду. Екатеринбург: ИЭУрОРАН, 2008.

14. Обоснование кондиций для подсчета запасов железистых кварцитов КМА на примере Михайловского месторождения / С. Э. Мининг // Горный журнал. 2001. № 8. С. 6–9.

15. Трубецкой К. Н., Пешков А. А., Машко Н. А. Динамическая доступность минерально-сырьевых ресурсов // Минеральные ресурсы России. 2001. № 5. С. 38–43.

16. Сюй Тао. Новое в методологии в области горного дела. Екатеринбург: Изд-во ООО «ИРА», 2009. 112 с.

Поступила в редакцию 1 сентября 2015 года

Фадеев Альфред Францевич – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры инженерной экологии. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет.

Косолапов Олег Вениаминович – кандидат экономических наук, заместитель генерального директора по перспективному развитию. 460038, г. Оренбург, пр. Дзержинского, д. 2/2, ЗАО «Преображенскнефть».

Цейтлин Евгений Михайлович – кандидат геолого-минералогических наук, ассистент кафедры инженерной экологии. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет.

ФОРМИРОВАНИЕ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ПОЛИТИКИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Валиев В. Н.

В статье раскрывается содержание каждой из четырех стадий формирования ресурсосберегающей политики в условиях горного предприятия. Наибольшее внимание уделено учету основополагающих принципов, отражающих требования, предъявляемые к процессу разработки ресурсосберегающей политики. Подчеркивается, что принципы и обязательства, присущие экологической политике, характерны и для зарубежных компаний.

Ключевые слова: ресурсосберегающая политика; разработка; этапность; планирование; контроль.

Ресурсосберегающая политика (РП) играет важную роль в деятельности горнодобывающих предприятий, поэтому она не должна носить формальный характер. Она должна служить основой обоснования реальных целей и приоритетов принятия обдуманых

непротиворечивых решений. Только в этом случае участие руководства предприятия и всего персонала в ее реализации становится неформальным. Формирование ресурсосберегающей политики предприятия имеет многостадийный характер (табл. 1).

Таблица 1

Стадийность формирования РП предприятия

Стадии	Этапы
Предварительная	Предварительное (внутреннее) согласие высшего руководства относительно целесообразности разработки РП Обоснование масштаба, охвата РП Оценка исходной ситуации в части ресурсосбережения, выявление приоритетных проблем, требующих решения Оценка соответствия законодательным и нормативным актам, регулирующим ресурсосберегающую деятельность Обеспечение со стороны руководства доступности ресурсов, необходимых для реализации РП
Начальная	Подготовка рабочего варианта РП с учетом ресурсосберегающей стратегии и результатов оценки исходной ситуации Ознакомление с рабочим вариантом РП сотрудников предприятия, заинтересованных лиц, в т. ч. общественности Обоснование цели и задач, выполнение которых необходимо для достижения поставленной цели Обобщение и анализ высказанных замечаний и предложений Подготовка окончательного варианта РП, утверждение его высшим руководством и документирование
Основная	Доведение окончательного варианта РП до сотрудников предприятия и заинтересованных сторон Публичное декларирование РП Разработка программы или программ, включающих мероприятия по решению поставленных задач Обеспечение обмена информацией с внешними сторонами и собственными подразделениями
Заключительная	Осуществление процедур мониторинга и контроля Постановка внутреннего аудита Корректировка РП по результатам мониторинга, контроля и результатов аудита Оценка результативности РП Анализ со стороны руководства

Ресурсосберегающая политика, как и экологическая в целом, является определяющим документом, который декларирует содержа-

ние экологической деятельности предприятия, экологические цели и задачи. Важность РП для успешного решения проблемы мини-

мизации антропогенного воздействия требует привлечения к ее разработке высшего руководства, занимающегося постановкой цели и задач совместно с рабочей группой – командой специалистов, сформированной для разработки и внедрения РП. Естественно, что ресурсосбережение должно иметь общепроизводственный характер и охватывать все подразделения, все бизнес-процессы предприятия, однако вполне приемлемыми являются и усеченные варианты, когда объектом управления в отношении ресурсосбережения выступают отдельные подразделения (карьер, шахта) или виды деятельности (взрывные работы и др.). Учитывая, что ресурсосберегающая политика должна высвечивать приоритетные направления экологической деятельности, началом ее разработки служит проведение *оценки исходной ситуации*, позволяющей получить необходимую информацию в отношении как проблем, так и возможностей их решения. Как показывает опыт, в условиях горных предприятий наиболее значимые проблемы ресурсосбережения связаны с потерями, сопровождающими изъятие ресурсов: земельных, минеральных, водных.

Этап оценки исходной ситуации предусматривает также ее выполнение с точки зрения соблюдения законодательных и других требований, обоснованных самим предприятием. В качестве таковых могут подлежать рассмотрению: добровольные кодексы поведения, требования договоров с поставщиками, подрядчиками, соглашения и т. д. Выполнение требований экологического законодательства является обязательным. Правда, в России они иногда слишком строги, а механизм их реализации зачастую несовершенен или переусложнен, что затрудняет их выполнение.

Обязательным условием разработки РП является ее увязка с экологической (ресурсосберегающей) стратегией предприятия, а также функциональными политиками. Не менее значима ее взаимоувязка с политикой в области качества (при наличии последней в рамках исследуемого хозяйствующего субъекта) и непротиворечивость общей стратегии и политике развития предприятия. Решение о раз-

работке РП, принятое руководством, должно подтверждаться гарантией обеспеченности ресурсами, необходимыми для ее внедрения и контроля (человеческие ресурсы, технологии, финансовые ресурсы и т. д.). Важным моментом в процессе разработки РП является также учет мнений персонала предприятия, заинтересованных сторон, в т. ч. местных органов власти, подрядчиков, местного населения и др. Предприятие должно быть готово к учету замечаний и рекомендаций со стороны специалистов предприятия, руководителей среднего и низшего звена подразделений, ответственных за соответствующие действия, а также диалогу с заинтересованными лицами с целью принятия разумных компромиссных решений. При внесении изменений в рабочий вариант РП необходимо их согласование с руководством предприятия, с исполнителями, которые могут повлиять на внедрение РП, а также с теми, на которых данные изменения могут оказать негативное воздействие. Окончательный вариант РП утверждается руководством и документируется.

Наиболее ответственная стадия – начальная, когда окончательный вариант РП доводится до всех сотрудников предприятия, заинтересованных лиц, а также общественности, благодаря ее публичному декларированию. Содержательный аспект РП определяется в первую очередь перечнем обязательств и принципов, которые ориентированы на минимизацию использования ресурсов природы, что способствует обеспечению экологической безопасности окружающей среды. Сбережение природных ресурсов предполагает нацеленность на рациональность их использования, что становится возможным: при применении ресурсосберегающих, малоотходных и безотходных технологий, максимально приближающих антропогенный обмен к биологическому; сокращении потерь и разубоживания; повышении комплексности использования сырья и недр; вовлечении в процесс производства минеральных ресурсов с низким содержанием полезных компонентов; снижении удельных расходов сырья, топлива и других ресурсов. Обязательства

политики ресурсосбережения всегда нацелены на предотвращение, в худшем случае – на стабилизацию загрязнения окружающей среды, что полностью согласуется с основополагающими принципами современной концепции экологически чистого производства, предполагающей минимизацию отрицательных изменений качества окружающей среды (снижение уровня всех видов загрязнения): это обеспечивает реальную безопасность и охрану здоровья персонала, а также оздоровление (защиту) окружающей среды.

В процессе ресурсопотребления происходит постепенное истощение ресурсов, загрязнение (нарушение), что выводит природные ресурсы из хозяйственного оборота, снижает ассимиляционную емкость территории. В силу данного обстоятельства РП предусматривает также принятие обязательств по возобновлению использованных возобновимых природных ресурсов и восстановлению тех из них, качественные параметры которых были ухудшены (рекультивация земельных ресурсов, очистка загрязненных водных ресурсов и т. д.).

Непрерывным условием реализации РП является учет экономической ценности ресурсов природы при принятии управленческих решений, связанных с использованием ресурсов недр, т. к. данная категория служит основой формирования всех отношений по поводу воспроизводства ресурсов, их использования, восстановления (экономии, перерасхода и т. д.). Долгое время господствующей в нашей стране была концепция бесплатности природного капитала. Необходимость в экономической (стоимостной) оценке ресурсов природы появилась лишь с развитием рыночных отношений, где она служит своего рода индикатором полезности ресурса, определяемого дефицитностью последнего. Природный капитал в интерпретации исследователей с позиции его экономической оценки предлагается рассматривать аналогично физическому и финансовому капиталам. Нарушение природных ресурсов обуславливает снижение величины периодически приносимых ими доходов, что служит базовым условием при

стоимостной оценке ресурсов природы как основы определения величины природного капитала.

Проблемность выполнения экономической оценки связана в первую очередь с отсутствием общепризнанной методологии и соответствующей нормативно-правовой базы. В настоящее время в связи с тем, что в Гражданском кодексе РФ согласно ст. 130 природные ресурсы отнесены к недвижимости, исследования по рассматриваемой тематике существенно расширились, однако исчерпывающего решения данной проблемы, к сожалению, пока не найдено. Несомненный интерес в этом отношении имеют разработки группы ученых Института экономики УрО РАН по комплексной экономической оценке земель [1], оценке экономического ущерба, обусловленного снижением ценности природных ресурсов [2–5], экономической оценке минеральных ресурсов [6–8], лесных ресурсов с учетом их многофункциональной роли в народном хозяйстве [9, 10].

Не менее важное обязательство, отражаемое в РП, – это нацеленность на последовательное повышение уровня экологизации производственной деятельности, что полностью согласуется с требованиями перехода на устойчивое развитие и внедрением системы экологического менеджмента, ориентированного на последовательное улучшение экологических характеристик в соответствии с требованиями международного стандарта. Ресурсосберегающая политика представляет собой инструмент, позволяющий достигать стоящие перед предприятием цели, что требует ее систематического пересмотра и развития вместе с ними. Непрерывное улучшение прогнозируется во всех областях экологической деятельности предприятия, в связи с чем экологические цели требуют увязки с развитием долгосрочных процессов и тенденций, а не с разовыми действиями. Ресурсосберегающая политика, реализующая концепцию устойчивого развития, предусматривает исполнение принципов экосправедливости и экоэффективности, которые отражают суть перехода к устойчивому развитию. В част-

ности экоэффективность декларирует тезис о повышении экономической эффективности экологической деятельности, в связи с чем обязательства РП нацелены на нее, и в первую очередь на ресурсосберегающие мероприятия. Исполнение данного обязательства требует роста величины предотвращаемого экономического ущерба (экологического эффекта) и снижения экономических затрат. На практике необходима постановка учета и оценки экологических издержек, обеспечение благоприятного «зеленого» имиджа предприятия, который способствует стимулированию инвестирования природоохранных проектов, снижению экологического риска и т. д.

«Экосправедливость» в деятельности предприятия находит отражение в его стремлении к обеспечению устойчивого развития не только в рамках предприятия, но и на местном и региональном уровнях. В практическом плане это требует принятия обязательств в части населения, местной власти, общественности и др., касающихся экологического образования, общественной экологической экспертизы, поддержки местных и территориальных экологических программ, обеспечения информированности заинтересованных лиц об экологической деятельности предприятия и др.

Непрерывной составляющей РП является обеспечение условий для экологического образования персонала, что приводит к сознательному вовлечению его в экологическую деятельность, ориентированную на ресурсосбережение, рассмотрению экологического образования и информированности в качестве обязательного условия эффективной экологической деятельности сотрудников. Экологическое образование, воспитание экологи-

ческого мировоззрения и культуры находит свое отражение в повышении экологической ответственности. Экологическое образование, которое оказывает несомненную помощь в разрешении экологического кризиса, чаще всего рассматривается исследователями как проблема психологического характера. Результативность работы сотрудников при разработке и внедрении РП во многом определяется успешностью мотивации последних, что требует использования информации о постановке конкретных экологических целей для предприятия и его подразделений, а также обратной связи об их выполнении. В свою очередь эффективное использование систем мотивации оказывается возможным только при условии утверждения положений о стимулировании и их мотивации и систематической реализации.

К числу важнейших обязательств РП относится и ее активная демонстрация через инициативную экологическую отчетность. «Зеленая» отчетность – это специальный документ, предназначением которого служит демонстрация широкой общественности активной экологической деятельности предприятия. Она формируется предприятием добровольно и несет целый ряд положительных аспектов. Из анализа зарубежной практики следует, что требование «зеленой» отчетности очень скоро приобретет обязательный характер, как это в настоящее время имеет место во Франции, Великобритании. Анализ содержания экологической отчетности, в т. ч. ее ресурсосберегающих аспектов, показывает, что принципы и обязательства, присущие отечественной экологической политике, характерны и для зарубежных компаний (табл. 2) [11].

Таблица 2

Основные принципы и обязательства, включаемые зарубежными и нефтяными компаниями в экологическую политику

Декларируемый принцип	Количество компаний, использующих данный принцип, %
Минимизация отрицательного воздействия на окружающую среду	85
Сотрудничество со всеми заинтересованными в экологических аспектах деятельности сторонами	81
Доступность объектов и результатов экологической деятельности («экологическая прозрачность»)	80

Декларируемый принцип	Количество компаний, использующих данный принцип, %
Соответствие действующему природоохранному законодательству	77
Участие всего персонала в природоохранной деятельности компании	67
Достижение экономической эффективности природоохранной деятельности	66
Рациональное использование ресурсов	522
Предотвращение отрицательного воздействия на окружающую среду	50
Обеспечение охраны здоровья и безопасности персонала и населения	44
Последовательное улучшение во всех областях природоохранной деятельности	42
Разработка и распространение экологической отчетности	42

Рассматриваемые обязательства РП, специфичные для конкретных хозяйствующих субъектов, отражают особенности производства и внешнюю ситуацию, хотя суть их остается неизменной. Основная стадия начинается с этапа доведения окончательного варианта до персонала предприятия и заинтересованных сторон, а также ее публичного декларирования. Реализация РП требует обо-

снования экологических целей, задач, системы экологических показателей планирования системы мероприятий, проектов и программ, обеспечивающих достижение поставленных целей и задач. На заключительном этапе осуществляется мониторинг, внутренний аудит и анализ результатов контролирующей деятельности с целью оценки результативности внедрения РП.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Логинов В. Г., Литвинова А. А., Мельников А. В. Экономическая оценка природно-ресурсного потенциала северных территорий: препринт. Екатеринбург: ИЭУрОРАН, 2007. 76 с.
2. Методические положения оценки комплексного ущерба природными ресурсами Севера: препринт / В. П. Пахомов [и др.]. Екатеринбург. ИЭУрОРАН, 2002. 44 с.
3. Методические материалы по взаимоотношениям коренных малочисленных народов Севера с хозяйствующими субъектами: препринт / В. П. Пахомов [и др.]. Екатеринбург: ИЭУрОРАН, 2000. 63 с.
4. Экономическая оценка вреда, причиняемого арктическим экосистемам при освоении нефтегазовых ресурсах / М. Н. Игнатъева [и др.] // Экономика региона. 2014. № 1. С. 102–111.
5. Косолапов О. В., Игнатъева М. Н., Литвинова А. А. Формирование экономического ущерба, обусловленного последствиями воздействия горнопромышленного комплекса на окружающую среду // Экономика региона. 2013. № 1. С. 158–166.
6. Шабеева Л. И. Совершенствование и использование системы рентных отношений при производстве минеральных удобрений: автореф. ... канд. экон. наук. Пермь, 2000. 25 с.
7. Боярко Г. Ю. Экономика минерального сырья. Томск: Изд-во «Аудит-Информ», 2000. 365 с.
8. Стоимостная оценка минерально-сырьевого потенциала региона / М. Н. Игнатъева [и др.] // Изв. вузов. Горный журнал. 2002. № 4.
9. Лебедев Ю. В. Оценка лесных экосистем в экономике природопользования. Екатеринбург: УрОРАН, 2011. 574 с.
10. Воронин И. В., Смородин В. П. О стоимостной оценке леса // Лесной журнал. 1970. № 5. С. 123–128.
11. Учебный материал для внутренних аудитов СЭС ОАО «ИТМК». Н. Тагил, 2003. 46 с.

Поступила в редакцию 1 сентября 2015 года

Валиев Вусал Ниязович – аспирант кафедры экономической теории и предпринимательства. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет.

ОПЫТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Литвинова А. А., Игнатьева М. Н., Власова Л. В.

В статье анализируется опыт экономической оценки различных особо охраняемых природных территорий. Рассматриваются специфические особенности методических подходов к оценке составляющих прямого и косвенного использования, а также некоторые допущенные некорректные приемы оценочных процедур. Особое внимание уделяется экономической оценке сохранения биоразнообразия, представляющей собой один из наиболее сложных и дискуссионных аспектов.

Ключевые слова: *особо охраняемые природные территории (ООПТ); экономическая оценка; методические подходы; сохранение биоразнообразия.*

В ходе исследования был проанализирован ряд работ, в рамках которых определялась экономическая ценность различных особо охраняемых природных территорий (ООПТ): водно-болотного угодья «Дубненский болотный массив» («Журавлиная родина») Московской области [1], природного заповедника (ГПЗ) «Костомукшский» Республики Карелия [2], парка «Хибины» Мурманской области [3], национального парка «Беловежская пуца» [4], национального парка «Плещеево озеро» [5, 6], национального парка «Куршская коса» [7], природного парка «Быстринский» [8], пяти заказников республики Коми [9] (ихтиологический заказник «Илычский», комплексный заказник «Удорский», комплексный заказник «Верхнее-Локчимский», кедровый заказник «Подчерский, кедровый заказник «Соплесский»).

Так, в исследовании ценности водно-болотного угодья «Дубненский болотный массив» стоимость прямого использования биоресурсов (рыбных, охотничьих, дикорастущих) определялась по рыночным ценам на тот или иной ресурс и корректировалась с учетом приведенных годовых стоимостей восстановления, рассчитанных затратным методом по методикам Медведевой О. Е. [10]. Доходы от рыболовства оценивались исходя из данных о среднегодовой добыче рыбы в среднем по Московской области, удельном доходе от рыболовства [11] и составили 200 тыс. долл./год. Стоимости прямого использования охотничьих животных (спортивная

и любительская охота на зверей и птиц) рассчитывалась на основе рыночных цен на мясо и пушнину и объемов заготовленного мяса и составила 3 тыс. долл./год. Стоимость даров леса (дикоросы) определялась аналогично стоимости рыболовства, но с учетом верхней и нижней границ сбора дикоросов, и составила 1,5–2,4 млн долл./год. Стоимость прямого использования рекреационного потенциала (или оздоровительной эколого-просветительской работы) рассчитывалась путем оценки ежегодных доходов, получаемых от организации экскурсий, выставок и других мероприятий и составила в 2000 г. 1 тыс. долл./год. При оценке ценности редких видов растений и животных рассматривалась только эстетическая и научная ценность одного вида – серых журавлей. Сама стоимость базировалась на оценке восстановления особей данного вида в искусственных условиях и составила 20 тыс. долл./год. Общая стоимость прямого использования оценена в размере 1,7 млн долл./год.

При расчете стоимости косвенного использования учитывались: годовое депонирование углерода лесами и болотами, водоочистные функции болот, защита берегов и предотвращение эрозии почв прилегающих хозяйств, оздоровительный эффект от рекреации. Она составила соответственно 1,2–6,2 млн долл./год, 5,1 млн долл./год, 1,1–2,2 млн долл./год. и 1,0 млн долл./год. В целом общая стоимость косвенного использования ресурсов составила 8,7–15,1 млн долл./год. Стоимость существования (составная

часть стоимости неиспользования), отражающая выгоды индивидуума или общества, получаемые только от знания, что данные товары и услуги существуют, была оценена по «готовности платить» и составила 0,15–0,21 млн долл./год. Стоимость наследования, интерпретируемая авторами как стоимость сохранения генофонда ресурсов «Журавлиная родина», не учитывалась.

Методологическую основу оценки заповедника «Костомукшский», а также природного парка «Быстринский» составили базовые принципы эколого-экономического учета, сформулированные в основополагающих документах ООН по выполнению экономической оценки природных ресурсов и экосистемных услуг на основе теории полной экономической ценности [12]. Исследования авторов отличаются наличием большей детализации в части идентификации получателей доходов от использования природных ресурсов и экосистемных услуг природного комплекса заповедника и природного парка. Для заповедника экономической оценке подлежали лесные, охотничьи, рыбные и рекреационные ресурсы, а также были оценены услуги лесов по поглощению углерода. Для природного парка дополнительно оценены: нелегально собираемая родиола розовая (редкое растение), сенокосение, земельные и минерально-сырьевые ресурсы зоны хозяйственного использования.

Так, для условий заповедника, экономическая оценка древесных ресурсов была выполнена с использованием показателя чистого дохода, получаемого в результате заготовки дров, в т. ч. и местными жителями в ходе нелегальных рубок (заготовка древесины и дров). Общая экономическая оценка древесных ресурсов (по дровам и нелегально заготовленной древесине) составила 15 тыс. руб. в год. Оценка недревесных ресурсов леса проведена на основе чистого дохода с использованием прямой рыночной оценки на основе стоимости конечного использования (валовой выручки) за минусом издержек на заготовку. При этом доход, получаемый домашним хозяйством при сборе недревесных

ресурсов для удовлетворения собственных потребностей, приравнялся к рыночному. Общая оценка недревесных ресурсов леса (грибы и ягоды) с учетом нелегальной заготовки дикоросов составила 61 тыс. руб. в год. В основу расчета ценности лесных ресурсов по способности поглощения углекислого газа были положены средние показатели биологической продуктивности древостоев за вегетационный период. Экономическая ценность лесов заповедника по способности очищения атмосферы от углерода составила 44,5 млн руб. в год.

В работе также были оценены ресурсы поверхностных и подземных вод при их использовании для водоснабжения города (население и промышленность) в размере 11,7 млн руб. в год. Оценка охотничьих ресурсов проводилась на основе показателя чистого дохода, а также дохода, получаемого охотниками от нелегальной добычи (в пределах территории заповедника промысловая, спортивная и любительская охота запрещена) и составила 132 тыс. руб. в год. Оценка рыбных ресурсов в методическом плане проводилась аналогично оценке охотничьих ресурсов (нелегальный лов рыбы) – 63 тыс. руб. в год. Рекреационные услуги заповедника определены главным образом как доход, получаемый частными пользователями (потребительский излишек – по методу транспортно-путевых затрат) в размере 135 тыс. руб. в год. Выручка от рекреационной деятельности заповедника (плата за вход, проведение экскурсий по девяти разработанным экологическим маршрутам) в размере 135 тыс. руб. в год учтена не была вследствие трудности вычленения затрат заповедника из суммы получаемых доходов. Таким образом, в структуре рассчитанной общей ценности заповедника преобладают услуги мировому сообществу по поглощению углерода (79 %) и услуги по снабжению водой населения и промышленности (21 %).

Для условий природного парка «Быстринский» интерес представляет детализированная оценка рекреационных услуг, полученная суммированием выгод для приезжих туристов (по потребительскому излишку пользо-

вателей рекреационных услуг) и чистого дохода поставщиков рекреационных услуг (гостиницы, организация рафтинга и каякинга, посещение термальных вод), администрации природных парков (организация и проведение поездок по туристическим маршрутам с использованием техники парка), местных жителей (обслуживание приезжих рекреантов местами проживания), родовых общин коренных малочисленных народностей. В структуре годовой экономической ценности потока экосистемных услуг природного парка услуга лесов по поглощению углерода составляет порядка 90 %, а без учета поглощения углерода лесами основными составляющими общей ценности являются рекреационные ресурсы – 54 %, охотничьи ресурсы – 14,7 % и рыбные ресурсы – 14,4 %.

При оценке ГПЗ «Костомукшский», а также ПП «Быстринский», на взгляд авторов, допущены некоторые некорректные приемы: так, снабжение водой не входит в задачи ГПЗ, не отражены эти функции и в положении о заповеднике. Данная услуга осуществляется не сотрудниками ГПЗ, а соответствующими специализированными организациями, и по всей вероятности без какой-либо денежной компенсации для ГПЗ, поэтому услуга по водоснабжению не может считаться экосистемной услугой заповедника. Эколого-стабилизирующая функция природных комплексов и предоставляемая на ее основе экосистемная услуга заключаются в поддержании водоохранного режима водозабора и, что наиболее важно, обеспечении сохранения чистоты водосборной территории. Поэтому оценку данной услуги целесообразно проводить по водорегулирующей и водоочистной функции природных комплексов заповедника. Оценка охотничьих и рыбных ресурсов некорректно производить по фактам нарушения природоохранного режима заповедника, да еще и на основе экспертных оценок по объемам добычи и численности нелегальных охотников и рыбаков. Отсутствует оценка функции заповедника и природного парка по сохранению биоразнообразия.

При оценке природного капитала наци-

онального парка «Беловежская пуца» авторами были проведены расчеты с использованием метода альтернативной стоимости и концепции общей экономической стоимости (КОЭС). Если метод альтернативной стоимости указывает на экономические потери, связанные с сохранением природного комплекса и устойчивости естественных экосистем биоразнообразия (в рассматриваемом случае отказ от традиционного использования лесных, болотных, луговых, водных экосистем, ресурсов животного мира), то общая экономическая ценность – на стоимость продуктов и услуг, поставляемых ООПТ. При использовании КОЭС в состав оценки прямой стоимости входили: охота, рыболовство, сбор даров леса, устойчивые лесозаготовки, рекреационная деятельность. Косвенная стоимость оценивалась по депонированию углерода, водоочистной функции болот и оздоровительного эффекта от рекреации. Рассчитанная по разным методам экономическая оценка природного капитала составила порядка 2 млрд долл.

Отличительные особенности характерны и для методического подхода, реализованного авторами при оценке национального парка «Плещеево озеро». Для выделенных природных комплексов (лес, озеро, болото) рекомендуется проводить экономическую оценку стоимости основного капитала, стоимости извлекаемых (прямое использование) и потенциально извлекаемых выгод (косвенное использование), предоставляемых природными комплексами. В стоимость основного капитала входят: земля, запас древесины в лесах, запас воды в озере, неизвлекаемая часть флоры и фауны, обозначенная авторами как биоразнообразие, также стоимость объектов недвижимости. Общая стоимость охраняемой территории складывается из стоимости основного капитала и приведенного потока доходов (выгод). В отношении стоимости земли может быть использована кадастровая стоимость земли либо рыночная. При оценке запаса пресной воды используются тарифы на водоснабжение. Для оценки запаса древесины возможно использование данных о ры-

ночных ценах на круглый лес. В качестве стоимостной оценки недвижимости может быть использована балансовая стоимость.

Следует отметить, что оценка биоразнообразия рассматривалась только в теоретическом аспекте. При этом были выделены два основных метода оценки неизвлекаемой части биоразнообразия: по восстановительной стоимости видов, в том числе редких и исчезающих, и нормативный подход. Восстановительная стоимость воссоздания определенных видов животных, в том числе редких и исчезающих, базируется на определении пороговой численности животных, капитализированных затрат на разведение животного в неволе, учете фактической численности вида, расчете восстановительной стоимости одного животного и стоимости вида в пределах оцениваемой территории. В частности, в России проводились исследования по оценке восстановительной стоимости зубра [13] и стерха [14]. Второй подход основан на исчислении размера вреда, причиненного объектам животного мира. Расчет выполняется по фактическому числу пострадавших особей на основе стоимости экземпляра каждого вида с учетом инфляции [15]. При оценке стоимости прямого использования оценивалась валовая выручка от санитарной рубки древесины, сбора дикоросов, снабжения водой населения и от туристической деятельности. Стоимость косвенного использования включала оценку поглощения углерода лесами и болотами, предотвращения наводнений, представления местообитаний и оздоровительный эффект от рекреации. При оценке заказников Республики Коми были использованы те же методические приемы, что и при оценке природного парка «Быстринский». Отличие состояло лишь в том, что дополнительно была оценена услуга сохранения и поддержания биоразнообразия через затраты на функционирование ООПТ.

Исходя из анализа проведенных оценок различных типов ООПТ, можно сделать несколько выводов. Во-первых, в основе большинства исследований лежит концепция общей экономической ценности (КОЭЦ),

которая широко используется специалистами ООН, Всемирного банка, российскими и зарубежными учеными. Набор оцениваемых экосистемных услуг различается в зависимости от конкретных ситуаций и наличия информации у исследователей. Большая часть используемых методов основана на покомпонентном подходе. Покомпонентный подход к оценке природных ресурсов, в том числе и экосистемных услуг, является естественным процессом, обусловленным существованием сложного структурно-компонентного состава природно-ресурсного потенциала территории, каждый элемент которого имеет качественно-разнородный характер, развивается по собственным законам и используется в относительно обособленных сферах природо- и ресурсопользования и хозяйствования [11]. Для оценки конкретных экосистемных товаров и услуг в различных исследованиях используются различные методики, в особенности это касается функций косвенного использования, поскольку стоимость прямого использования в большинстве случаев рассчитывается по рыночной стоимости.

Во-вторых, одним из самых сложных и дискуссионных аспектов является оценка сохранения биоразнообразия: оценка эталонной, рефугиумной, «монументальной» и резерватной природоохранной функции ООПТ. Одни ученые биоразнообразию в рамках концепции общей экономической ценности (стоимости) относят к стоимости неиспользования (стоимости существования) [1] и оценивают, используя при этом упрощенные подходы, прежде всего связанные с теорией «готовности платить». Другие относят биоразнообразию при оценке леса, болот и водных объектов ООПТ наряду с оценкой земли, запасов древесины, торфа, воды к компонентам природного капитала [6]. При этом оценку неизвлекаемой (т. е. охраняемой на ООПТ) части биоразнообразия рекомендуется проводить по восстановительной стоимости видов, в том числе редких и исчезающих, или использовать нормативы стоимости объектов животного мира и таксы по растительному миру. Имеют место и предложения, которые

оценивают услугу по сохранению биоразнообразия по средним удельным затратам на содержание ООПТ [16]. Затратный подход к оценке услуги в данном случае основан на предположении о том, что поддержание ценности экологического блага (сохранение биоразнообразия) является приемлемой оценкой его стоимости. Основным недостатком этой группы методов является неэквивалентность затрат эффекту, а восстановление выбывших экосистем часто бывает невозможным.

Многие исследователи подчеркивают, что в современных экономических исследованиях нет четкого разграничения проблем экономической оценки биоразнообразия и биоресурсов. А. А. Котко в своей статье [17] отмечает, что под оценкой функции сохранения генофонда следует понимать не оценку стоимости популяции животных и растений, а сам факт сохранения существования особей каждого из видов в количестве, достаточном для устойчивого естественного воспроизводства поголовья, без потери базовой генной информации. Важной является денежная оценка эффекта уменьшения риска потерь по генофонду эндемичных видов. В работах [18, 19] предложена формула расчета необходимых затрат на сохранение биоразнообразия при учете основных факторов, влияющих на него: тип и размер ООПТ; разнообразие присутствующих на территории биологических видов; численность популяций каждого вида; размер ООПТ, напряженность экологической ситуации в регионе расположения ООПТ, затрат на поддержание/восстановление единицы представителя каждого вида, определяемой по таксам за ущерб. При этом авторы отмечают, что предлагаемая формула служит

только для оценки затрат на сохранение биоразнообразия, а не экономической ценности самого биоразнообразия. Подчеркивается, что сохранение биоразнообразия – проблема принципиально иного уровня, и именно ей соответствует самый долгосрочный период наступления результата от вложения средств, выходящий за пределы жизни нескольких поколений.

Считаем, что сохранение биоразнообразия природных комплексов – это приоритетная целевая функция ООПТ, предполагающая поддержание их естественной целостности и устойчивости. Стратегическая цель управления биоразнообразием сводится к организации и сохранению экосистем и естественных местообитаний, поддержанию и восстановлению жизнеспособных популяций в естественных условиях. Следует отметить, что именно ООПТ с наличием ненарушенных и малонарушенных экосистем являются ключевыми территориями, ядрами экологического каркаса региона, обеспечивающего экологическую стабильность территории, являясь территориальной компенсационной системой, назначение которой заключается в воссоздании и поддержании целостности природного каркаса, защите его от негативного антропогенного воздействия. Таким образом, услуга по сохранению биоразнообразия заключается в сохранении конкретных экосистем, видов растений и животных, генетического разнообразия. Выгоды от сохранения биоразнообразия получает не только региональная социально-экономическая система, но и мировое сообщество. Для оценки сохранения биоразнообразия наиболее приемлемым может быть использование альтернативной стоимости.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бобылев С. Н., Сидоренко В. Н., Лужецкая Н. В. Экономические основы сохранения водно-болотных угодий. М., 2001. 56 с.
2. Механизм сохранения биоразнообразия в деятельности ГПЗ «Костомушский» на основе оценки природных ресурсов и экосистемных услуг / под науч. ред. Г. А. Фоменко. Ярославль: НИПИ «Кадастр», 2006. 100 с.
3. Эколого-экономическое обоснование национального парка «Хибины». Т. 1. Апатиты: Институт проблем промышленной экологии Севера, 1999. 297 с.
4. Бамбиза Н. Н. Экономический механизм сохранения биоразнообразия ГПУ «Национальный парк «Беловежская пуща»: дис. ... канд. экон. наук. Каменюки, 2009. 140 с.
5. Фоменко М. А., Михайлова А. В. Экономический механизм сохранения биоразнообразия в деятельности национального парка «Плещеево озеро». Ярославль: НПП «Кадастр», 2006. 114 с.

6. Ситкина К. С. Эколого-экономическая оценка природных и историко-культурных территорий: дис. ... канд. экон. наук. М., 2011. 140 с.
7. Ходжаев Р. Ш., Василевич И. Ю. Денежная оценка лесных ресурсов при многоцелевом использовании (на примере национального парка «Куршская коса» // Региональная экономика, теория и практика. 2009. № 10 (103). С. 48–53.
8. Экономическая оценка особо охраняемых территорий Камчатки: практические результаты и их значение для сохранения биоразнообразия (на примере природного парка «Быстринский») / Г. А. Фоменко [и др.]. Ярославль: АНО НИПИ «Кадастр», 2010. 156 с.
9. Комплексная социально-экономическая оценка ООПТ республиканского значения, включенных в число индикаторов «логической структуры» проекта в рамках проекта ПРООН/ГЭФ 00059042 «Укрепление системы особо охраняемых природных территорий Республики Коми в целях сохранения биоразнообразия первичных лесов в районе верховьев реки Печора». Сыктывкар, 2010. 141 с.
10. Медведева О.Е. Методы экономической оценки биоразнообразия: теория и практика оценочных работ. М: изд-во Диалог-МГУ, 1998. 99 с.
11. Экономическая оценка биоразнообразия / под ред. С. Н. Бобылева, А. А. Тишкова М.: ГЭФ, 1999. 112 с.
12. Комплексный экологический и экономический учет. Практическое руководство. Отдел статистики Департамента экономических и социальных отношений ООН. Серия F № 78, 2000.
13. Медведева О. Е. Применение метода восстановительной стоимости к оценке биологических ресурсов Московской области: сб. «Экономика сохранения биоразнообразия». М.: Памятники исторической мысли, 1995. С. 175–181.
14. Эколого-экономическая оценка технологии воспроизводства редких и исчезающих видов (на примере стерха) / под ред. Е. И. Хабаровой, В. Н. Сидоренко. М.: Проект ГЭФ «Сохранение биоразнообразия Российской Федерации», Ин-т экономики природопользования, 2002.
15. Методика исчисления размера вреда, причиненного объектами животного мира, занесенным в Красную книгу Российской Федерации, а также иным объектам животного мира, не отнесенным к объектам охоты и рыболовства и среде их обитания. Утверждена Приказом МПР России от 28. 04. 2008ю № 107.
16. Тишков А.А. Биосферные функции и экосистемные услуги: к методологии эколого-экономических оценок деятельности ООПТ // Экономика экосистем и биоразнообразия: потенциал и перспективы стран Северной Евразии: Материалы совещания «Проект ТЕЕВ – экономика экосистем и биоразнообразия: перспективы участия России и других стран СНГ» (Москва, 24 февраля 2010 г.). М.: Изд-во Центра охраны дикой природы, 2010. С. 81–88.
17. Котко А. А. Экономические аспекты охраны редких биологических видов // Экономика природопользования, 1999. № 3. С. 55–83.
18. Рюмина Е. В., Караченцев И. Л. Специфика проблем сохранения биоразнообразия в территориальном и временном аспектах // Экономика природопользования, 2005. № 1. С. 112–118.
19. Караченцев И. Л. Обоснование объемов и источников финансирования сохранения биоразнообразия: автореф. ... канд. экон. наук. М., 2004.

Поступила в редакцию 1 сентября 2015 года

Литвинова Альбина Аркадьевна – кандидат экономических наук, старший научный сотрудник сектора регионального природопользования и геоэкологии. 620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, 29, Институт экономики УрО РАН. E-mail: albalit2012@yandex.ru

Игнатъева Маргарита Николаевна – доктор экономических наук, профессор кафедры экономической теории и предпринимательства. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет.

Власова Людмила Витальевна – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математики. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет.

К 90-летию со дня рождения

АВДОНИН ВЛАДИМИР НИКОЛАЕВИЧ

В. Н. Авдонин – кандидат геолого-минералогических наук, доцент, почетный работник высшего образования России, лауреат премии им. О. Е. Клера. Награжден медалью Всероссийского минералогического общества и медалью «За заслуги перед Отечеством» II степени. В честь В. Н. Авдонина в 1995 г. назван новый минерал – авдонинит.

Владимир Николаевич родился 10 июля 1925 г. в Республике Мордовия, в крестьянской семье. В 1942 г. поступил в Свердловский горный институт, но вскоре был призван в ряды Советской Армии. Службу окончил в декабре 1946 г. старшим фельдшером 73-го гвардейского механизированного Померанского полка Третьей ударной армии около г. Магдебурга. Горный институт Владимир Николаевич закончил в 1952 г. Вся дальнейшая деятельность В. Н. Авдонина – ученого и педагога – связана с Уральским горным институтом (ныне – Уральский государственный горный университет): 35 лет он работал на кафедре минералогии, в разные годы работал заместителем декана заочного



факультета, деканом геологоразведочного факультета, с 1987 г. – старший научный сотрудник в Уральском геологическом музее.

Перу Авдонина В. Н. принадлежит более ста печатных работ, в том числе семь монографий.

МОЙ ПУТЬ В МИНЕРАЛОГИЮ

В. Н. Авдонин

Все, что пробуждается в нас детскими впечатлениями и случайными жизненными обстоятельствами, впоследствии принимает более серьезное направление и часто побуждает к научной работе, к далеко идущим предприятиям...

А. Гумбольдт

Так случилось и со мной. Мое первое минералогическое наблюдение состоялось, когда мне было не более 4–5 лет. Я родился в селе Петровка Дубенского района, недалеко от г. Саранска. Сейчас это Республика Мордовия. Из далекого детства вспоминается: я шел с бабушкой по улице родной деревни и поднял привлекший мое внимание камень стреловид-

ной формы. На мой вопрос бабушка ответила: «чертов палец». Интерес юного натуралиста и любовь к камню у меня проявился после переезда в г. Свердловск в 1933 году; в этом городе живу постоянно, кроме нескольких военных лет. Все школьные годы я с увлечением собирал в окрестностях нашего города минералы и посещал минералогический кру-

жок при Дворце пионеров, которым руководила обаятельная и внимательная к ребятам Татьяна Григорьевна Афанасьева. В послевоенные годы она много лет работала на кафедре минералогии Свердловского горного института и пользовалась большим уважением и любовью студентов. Впоследствии проф. Б. В. Чесноков один из вновь открытых им минералов назвал в её честь – *афанасьеваит*.

Моя школьная мечта стать геологом начала осуществляться. 1 сентября 1942 г. я стал студентом Уральского (Свердловского) горного института. Шел второй год тяжелой войны, и я стал замечать, что ребят-студентов на занятиях становится меньше. А 22 апреля 1943 г. наступила и моя очередь: в этот день я был призван в Красную Армию и направлен в Киевское военно-медицинское училище. Тогда оно располагалось в здании Уральского лесотехнического института (г. Свердловск). После окончания училища в первых числах мая 1945 г. младший лейтенант медслужбы В. Н. Авдонин с дипломом фельдшера в кармане прибыл на место дальнейшей службы в г. Штеттин в штаб 2-го Белорусского фронта. В конце декабря 1946 г., после увольнения в запас, вернулся домой и был восстановлен студентом Свердловского горного института. В армии прослужил почти четыре года, и мне исполнился 21 год. Это время я храню в памяти своей как великое время. И ныне, спустя много-много лет, должен отметить: я счастлив, что был свидетелем событий, которым не было равных, и что в те тяжелые годы мне по мере моих сил и знаний удалось хоть немного облегчить страдания солдат и офицеров, раненных на фронтах Великой Отечественной войны. Началась моя медицинская карьера с должности ассистента аптеки в одном из госпиталей 2-й танковой армии в городе Везенберг, провинции Мекленбург (Германия), и закончилась в должности начальника аптеки и старшего фельдшера 73-го гвардейского механизированного полка 3-й ударной армии в г. Бург, вблизи Магдебурга.

Я полюбил медицину, и после увольнения из армии было нелегко выбрать, как быть дальше: продолжать медицинское образова-

ние (у меня уже был диплом фельдшера) или же вернуться в горный и начать все сначала. После довольно серьезных колебаний я выбрал ту стезю, для которой Всевышний даровал мне кое-какие способности.

Я счастлив тем, что вот уже почти шесть десятков лет после окончания института нахожусь в стенах родного института (ныне университета), в котором «каждый день можно найти что-нибудь для радости». Одолев достаточно трудный курс кристаллографии в изложении проф. Г. Н. Вертушкова, мы, студенты второго курса, приступили к минералогии. Первое занятие. Я попал в мир минералогии и хорошо помню, как в аудиторию вошел профессор К. К. Матвеев: высокий, немного сутуловатый, на лице его отражалась живость ума и легкость характера. Мимолетная встреча с ним у меня уже была в августе 1942 г., когда в первом учебном здании он устроил роскошную выставку минералов и книг. Насколько я сейчас понимаю, она была оформлена ради дня открытых дверей, чтобы заинтересовать и привлечь в институт выпускников школ. Тогда же я заметил, что Константин Константинович проявлял большой интерес к минералогической литературе. Позднее узнал, что в кафедральной библиотеке его стараниями были представлены: уникальный атлас кристаллов В. Гольдшмидта (18 томов), многотомное собрание А. Лакруа «Минералогия Франции и ее колоний» (на французском языке), реферативные журналы, издаваемые П. Гротом (на немецком языке) и многие другие.

С первых же дней учебы в институте у меня проявился глубокий интерес к минеральному веществу, слагающему земную кору, т. е. к минералам и горным породам. И чем больше узнавал я минералы, тем больше возрастала привлекательность познания минералогии. К тому же судьба свела меня с такими замечательными преподавателями, как К. К. Матвеев, Г. Н. Вертушков, Д. С. Штейнберг, А. К. Подногин, Е. З. Бурьянова, Т. Г. Афанасьева.

Лекции К. К. Матвеева не отличались систематичностью и строгой последо-

вательностью изложения материала, но при этом методические приемы подачи материала были неповторимы. Надо думать, что лекциям он придавал меньшее значение, чем лабораторным работам. Он не раз отмечал: «... у нас не техникум, а вуз, и известные отступления от программы и даже курса вполне допустимы и даже неизбежны». Невольные отступления ни в коей мере не препятствовали пониманию науки. Константин Константинович иногда внушал нам, студентам второго курса, что лекции читаются для того, чтобы легче усваивать основы науки. Из-за таких «неплановых» отступлений многие его лекции приобретали особую «яркость» и запоминались на годы.

Почти на каждой лекции он показывал своим студентам уникальные образцы из своей коллекции, хранящейся в его кабинете. Это были цеолиты из базальтов Исландии, золото и платина из различных месторождений Урала, алмаз из Южной Африки и многое другое.

Делалось это так. Образец вручался старосте группы, а все студенты подходили и внимательно рассматривали тот или другой уникум. Профессор при этом давал необходимые пояснения. Припоминается любопытный случай. Константин Константинович демонстрирует водосодержащий ванадат меди – фольбортит из пермских медистых песчаников – и просит назвать его окраску. Каждый предлагает свой вариант окраски: желтовато-зеленый, зеленовато-желтый, желтый. Мы ждали, что скажет профессор. Окраска фольбортита чижиково-зеленая! Этот пример показывает, насколько важное значение в минералогии того времени придавали определению физических свойств минералов и как много внимания уделял профессор К. К. Матвеев практикуму по минералогии. Первая часть практикума – это определение минералов. Минерала выдавалось немного, поскольку следовало научиться работать экономно с малыми кусочками. Вторая часть практикума была посвящена в основном так называемому «толкованию минералов». Это было прообразованием современной онтогении минералов.

И совершенно оригинально профессор Матвеев относился к принятию зачетов у студентов. Они у него превращались в своеобразный семинар, на котором могли присутствовать все желающие. Он не раз утверждал, что «при оценке знаний студентов излишнее значение мелочам не придается, но студент безусловно должен различать «существенное» от «мелочей» и знать, какое значение имеют мелочи, в особенности в описательной части, должен знать, что такое знание, лишенное «мелочей», становится необстоятельным и схематическим...».

К. К. Матвеев прекрасно представлял и постоянно напоминал нам, студентам, что один и тот же минерал, но из разных месторождений может иметь индивидуальные особенности. Большая часть минеральных индивидов имеет геологический возраст. Они после своего зарождения могут еще расти, разрушаться и, как об этом писал А. В. Шубников, «обнаруживать явления старения, усталости, срастаться и даже пожирать друг друга». Все эти явления в мире природных кристаллов несколько позднее проф. Д. П. Григорьев (Ленинградский горный институт) назвал «онтогенной минералов». Как уже было отмечено выше, К. К. Матвеев рассматривал это как «толкование минералов» и терминами из биологии не пользовался.

Индивид любого минерала он рассматривал как естественно-исторический продукт, и каждая находка его неповторима. Богатство и разнообразие уральских минералов позволили в сравнительно короткий срок создать очень хороший кафедральный музей. В 1937 г. лучшие экспонаты кафедрального музея были использованы для создания отдела минералогии Уральского геологического музея. К. К. Матвеев – создатель отдела – представил в нем реальный мир уральских минералов во всей своей красоте и разнообразии. Воистину это был наглядный учебник уральской минералогии.

Хорошо усвоив физиографию минеральных индивидов и зная большинство уральских минералов «в лицо», в январе 1952 г. я начал свою педагогическую карьеру на кафе-

дре минералогии в СГИ. В это время кафедрой руководил проф. Г. Н. Вертушков, а преподавание минералогии с классических позиций стало переходить на уровень с кристаллохимическим уклоном. Каждый минерал в земной коре встречается в виде индивидов. Все индивиды одного минерала конгруэнтны по конституции, т. е. каждый минеральный индивид определяется химическим составом и структурой, которые взаимосвязаны и рассматриваются как его конституция. Она обуславливает не только все свойства индивида, но и его отношение к окружающей среде. Мне стало ясно, что знание формулы минерала – это уже половина пути к умению познания минерала. Все свойства минералов представляют собой реальное проявление его конституции – взаимосвязи химического состава и структуры, отражающих сущность каждого минерала. Конституция минерала определяет не только всё многообразие свойств минерального индивида, но и условия его нахождения в природе.

Это существенное отклонение в курсе лекций Г. Н. Вертушкова от классического не всем давалось легко. Исходя из этого, нужно перестроить в какой-то мере и лабораторные работы по минералогии. Учение о полезных ископаемых, о рудах, о технологии их обогащения должно вестись на минералогической основе. В любом случае исследование начинается с распознавания и диагностики минерала. Решению этой задачи в какой-то степени способствовало справочное руководство, которое я подготовил совместно с проф. Г. Н. Вертушковым. Первое издание 1982 г. было мною вновь переработано и вышло в 1992 г. (М.: Недра). Основу руководства составляют диагностические константы почти 600 минеральных видов, расположенных по определенной схеме с учетом конституции минеральных видов. Учитывая исключительную важность и надежность морфологии минеральных индивидов в диагностических целях, для 200 минералов дается подробная кристалломорфологическая характеристика, сопровождаемая чертежами кристаллов. Искусство диагноза – это ценное качество

исследователя: определив и познав минерал, он получает большое удовольствие, и ради достижения успеха не жалко приложить большие усилия. И как заметила акад. Н. П. Бехтерева, директор Института мозга РАН: «... Искусство диагноза – это талант, помноженный на опыт».

Мне во многом повезло. Послевоенное время, до 80-х годов, – это было золотое время уральской и не только уральской геологии. Все это сопровождалось рядом крупных минералогических исследований, и, в частности, в конце 50-х годов коллектив кафедры выполнял многолетние исследования по минералогии редкометалльных месторождений Ильмено-Вишневогорского комплекса. Мне достался для исследований интервал щелочной провинции между Ильменскими горами на юге и Вишневыми – на севере. Он впоследствии получил название «Увильдинская щелочная полоса». Молодые сотрудники кафедры познакомились с такими минералами, как самарскит, пирохлор, эшинит, чевкинит, канкринит и др., которые в других регионах Урала не встречаются. Кафедра развивалась, приобретала новое оборудование, преподаватели накапливали бесценный опыт.

В 1987 г. после окончания весеннего семестра я навсегда покинул кафедру и перешел работать в Уральский геологический музей. Накануне этого я довольно много времени посвятил новейшему минералообразованию на колчеданных месторождениях Урала и свинцово-цинковом месторождении Текели (Казахстан). Изучение вторичных минералов, возникших при окислении сульфидных руд, всегда привлекало внимание горняков, и связано это, в первую очередь, с таким грозным и опасным явлением, как подземные эндогенные серноколчеданные пожары. Много времени этому уделил в молодые годы и профессор Г. Н. Вертушков. Ему удалось среди продуктов окисления установить кировит (магнезиальный мелантерит) и купрокировит (медисто-железистый мелантерит). Инженер лаборатории по борьбе с подземными пожарами Авдоница Т. В. (Унипромедь) в отвалах Дегтярского месторождения обнаружила зе-

ленный минерал, предварительно определив его как «атакамит», так как в его составе было много хлора. В результате дальнейших детальных исследований Бушмакиным А. Ф. и Баженовой Л. Ф. была составлена его формула $(K_2Cu_3Cl_8(OH)_4 \cdot H_2O)$.

Чуть позднее зеленый минерал, идентичный по составу и свойствам обнаруженному Т. В. Авдониной, М. Н. Мурашко (г. Санкт-Петербург) нашел в возгонах вулкана Толбачик (Камчатка). И только после этого Международная комиссия по новым минералам, номенклатуре и классификации в декабре 2005 г. признала его новым минеральным видом – *авдонинит* (Меморандум от 31 декабря 2005 г.).

Вполне естественно: музей – это не учебная кафедра, здесь и распорядок, и ритм, и содержание работы другие, но я быстро нашел свою «золотую жилу» и стал её разрабатывать. Приятно вспомнить: рассматривая витрину, мы с Ю. А. Поленовым (в то время директором Уральского геологического музея) обратили внимание на минерал. Чем-то он нас привлек... Нашими сомнениями и догадками мы поделились с проф. Э. М. Спиридоновым (МГУ, г. Москва). Тщательная экспертиза – и вот результат: минерал новый и получил название «гидроксилклиногумит». А ведь «обиженный» нашим невниманием, он только в витрине музея находился более 40 лет. Надо заметить: такие случаи в минералогической практике нередки. Так случилось с эмбрейитом и касседаннеитом из Березовского месторождения. К сожалению, они были открыты за рубежом.

Сейчас во всем мире растет потребность в точном описании минералов как основы изучения полезных ископаемых. В последние десятилетия в минералогической практике довольно широкое распространение получили различные модификации люминесцентного анализа, являющиеся мощным и быстродействующим инструментом исследования минерального вещества.

Сотрудники музея (Авдонин В. Н., Поленов Ю. А., Василевская М. Ф.) приняли активное участие в разработке разновидности

люминесцентного анализа – импульсной катодолюминесценции (ИКЛ). ИКЛ характеризуется высокой информативностью. Объектом наших исследований были традиционно применяемые драгоценные камни: рубины, сапфиры, изумруды, топазы, хризобериллы и др. Оформлен патент с формулой «определение подлинности драгоценного камня».

Исследования проводились при комнатной температуре в воздушной среде. Данные спектрального состава регистрировались с точностью не ниже 1 нм, а форма спектра (интенсивность) с точностью 5–10 %. Все измерения были выполнены в Институте электрофизики УрО РАН совместно с В. И. Соломоновым и С. Г. Михайловым на аппаратуре, разработанной в этом же институте.

За свою сознательную жизнь каждый человек накапливает большой жизненный опыт. Автор прошел большую школу и на себе испытал суровую действительность военной жизни в Великой Отечественной войне, все сложности преподавательской и научно-исследовательской деятельности. Повседневная многолетняя напряженная работа приучила меня бережно относиться к любым новым сведениям, которые удавалось извлечь из прочитанной литературы и других источников. Как говорила своему сыну В. Далю мать: «Зацепляй знания, где только сможешь...». Начиная с последних курсов обучения, я завел твердое правило: из каждой статьи или прочитанной книги делать хотя бы небольшие выписки, и таких «рефератов» у меня накопилось несколько тысяч. Ныне, когда мы располагаем современной техникой, это делается гораздо легче, зато, когда это писалось от руки – лучше усваивалось и легче запоминалось.

Последние годы я посвятил изучению истории минералогии Урала. Накопленные материалы дали возможность оформить их в виде научной монографии. «Очерки об уральских минералах» были сделаны совместно с профессором Ю. А. Поленовым. Книга держала два издания: первое – в 2002 г., второе – в 2004-м. Ученый Совет и Президиум Всероссийского Минералогического общества присудили авторам медаль Минерало-

гического общества (протокол ВМО от 24 сентября 2003 г.). В книге рассмотрена история открытия на Урале 102 минералов, новых для всего мира. Таков вклад Урала в минералогическую копилку земной коры.

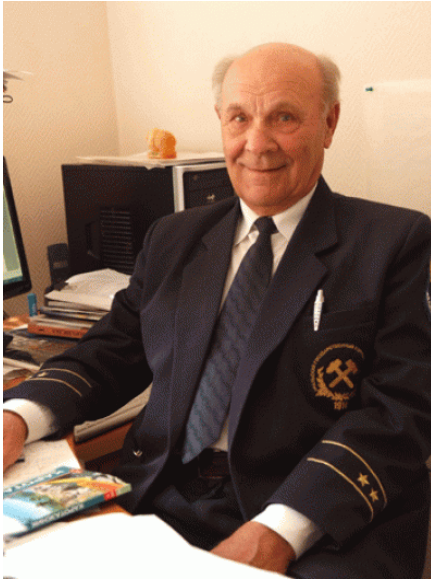
Время неумолимо, оно идет, и я по мере

сил и возможностей продолжаю работать над любимой темой. Но наступают сумерки...

И поэтому «... Мне придется утешиться только тем, что в массе человеческих трудов есть капля и моего мёда».

Материал подготовил Поленов Ю. А., директор музея истории УГТУ.

БОНДАРЕВ ВЛАДИМИР ИВАНОВИЧ



Родился 26 сентября 1935 г. на станции Масальская Алтайского края, в семье служащего. Специалист в области разведочной геофизики; доктор геолого-минералогических наук (1978), профессор (1980); кандидатская диссертация: «Разработка методики анализа поляризации сейсмических волн» (1967), докторская диссертация: «Сейсмический метод определения важнейших физико-механических свойств нескальных грунтов» (1978).

Окончил с отличием Свердловский горный институт им. В. В. Вахрушева (1959) по специальности «Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых», горный инженер-геофизик. После окончания института оставлен в нем же: 1959–1960 – ассистент, 1960–1969 – аспирант, старший преподаватель, 1969–1979 – доцент, 1980 – профессор, заведующий кафедрой геофизических методов поисков и разведки месторождений полезных ископаемых. В 1980–1983 – заведующий кафедрой геофизических методов поисков в Ивано-Франковском институте нефти и газа. В 1983–1989 – заместитель генерального директора Всесоюзного научно-исследовательского института морской

геологии и геофизики (ВНИИМоргео), заместитель генерального директора по геофизике Всесоюзного морского научно-производственного объединения по морской инженерной геологии и геофизике «Союзморинжгео». С 1990 – в Свердловском горном институте (Уральском государственном горном университете): 1990 – профессор, 1991–2001 – заведующий кафедрой структурной геофизики, 2001–2002 – заведующий лабораторией сейсморазведки, с 2002 – заведующий кафедрой геофизики нефти и газа. Читает курсы лекций: «Сейсморазведка», «Техника и технология сейсморазведочных работ», «Маркетинг геофизических услуг в нефтяном бизнесе».

Основные труды посвящены разработке теории и методики сейсмической разведки: создал эффективную методику анализа поляризации сейсмических волн с целью определения их природы; разработал теоретико-методические основы применения наземной сейсмической разведки для решения задач инженерно-строительных изысканий; создал метод оценки физико-математических свойств песчано-глинистых грунтов по сейсмическим данным; разработал теорию и аппаратуру для многоканальных цифровых сейсмоакустических исследований придонных осадков на шельфе с целью изучения их структуры, состава и физико-механических свойств. Член Научно-методического совета по высшему геофизическому образованию в вузах России, Евро-Азиатского геофизического общества (1993), Общества геофизиков разведчиков (1999), Европейской ассоциации геоученых и инженеров (2000, EAGE, Нидерланды), действительный член Российской академии естествознания (1996), Международной академии минеральных ресурсов (1998); заслуженный деятель науки и образования (2008); заслуженный геолог РФ (2003), почетный работник высшего профессионального образования РФ (2008). Участник международных, всесоюзных и всероссийских геофизических

конференций и симпозиумов (Москва, 1986, 2007, 2009 и др.). Подготовил 12 кандидатов наук. Автор и соавтор более 200 печатных работ, в том числе 20 монографий.

Из кн. В. В. Филатова «Профессора УГГУ». Екатеринбург, 2009.

ДМИТРИЕВ ВЛАДИМИР ТРОФИМОВИЧ



Родился 23 августа 1935 г. в городе Свердловске в семье рабочих. Специалист в области горной механики, доктор технических наук (2006); кандидатская диссертация: «Исследование рудничных компрессорных установок и разработка путей повышения эффективности их работы» (1971), докторская диссертация: «Обоснование и выбор энергосберегающих параметров функционирования шахтных компрессорных установок» (2006).

Окончил Свердловский горный институт

им. В. В. Вахрушева (1965) по специальности «Горная электромеханика», горный инженер-электромеханик. После окончания института оставлен в нем же: ассистент кафедры горной механики (1965), аспирант (1965–1971), старший научный сотрудник (1971–1972), ассистент, старший преподаватель кафедры технологии металлов (1972–1979), доцент кафедры эксплуатации горного оборудования (1979–2007), с 2007 – профессор. Читает курсы лекций: «Ремонт и эксплуатация горных машин», «Основы эксплуатации горных машин и оборудования», «Эксплуатация карьерного оборудования». Основные труды посвящены совершенствованию конструкций воздухораспределительных органов поршневых компрессорных машин, насосных установок общего назначения и грунтовых, подъемных установок (шахтных и общего назначения), устройств для спуска людей с горящих зданий, шарошечных долот, установок для получения водорода, измельчения и сепарации горных пород и руд. Заслуженный изобретатель России. Награжден двумя бронзовыми и одной серебряной медалью ВДНХ.

Участник международных научно-технических конференций памяти В. Р. Кубачека (Екатеринбург, 2004, 2006). Автор и соавтор 80 печатных работ, в том числе 37 патентов и авторских свидетельств на изобретения.

Из кн. В. В. Филатова «Профессора УГГУ», Екатеринбург, 2009.

Справка редакции

Автором материала «Лучин Игорь Александрович (12.08.1931–15.12.2006), опубликованного в вып. 4(36) за 2014 г., является Горбачев Юрий Михайлович, выпускник геологоразведочного факультета Свердловского горного института 1953 года, проработавший на предприятии «Висмут» 17 лет.

ABSTRACTS AND REFERENCES

EARTH SCIENCES

Factors of engineering-geological conditions of the Ekaterinburg / Gryaznov O. N., Gulyaev A. N., Ruban N. V., Savintsev I. A., Cherkasov S. A.

Considered are the factors of engineering-geological conditions of Ekaterinburg: physical and geographical; regional geological factors (geological structure, tectonics, history of geological development, regional metamorphism, fluid-hydrothermal ore-forming processes, material engineering and geological complexes; natural geological processes; hydrogeological conditions); man-made factors (industrial, agricultural technogenesis; urbanization of areas; man-made and induced geological processes, chemical and radioactive contamination of the environment).

Keywords: *physical and geographical factors, regional geological factors, man-made factors; engineering-geological conditions.*

Gryaznov O. N., Ruban N. V., Savintsev I. A., Cherkasov S. A. – Ural State Mining University. Ekaterinburg, Russia.

Gulyaev A. N. – Institute of geophysics, Ural branch of Russian Academy of Sciences. Ekaterinburg, Russia.

The first finding of noble spinel in the Svetlinskoye deposit of rhinestone (the South Urals) / Kisin A. Yu., Polenov Yu. A., Ogorodnikov V. N., Tomilina A. V.

There are results of investigations of noble spinel from deposits of rhinestone that occurs in metamorphic metapelites. This is the first discovery of spinel in this field. Forsterite, talc, serpentine, chlorite, graphite, and monazite are marked in association with spinel. Mineral associations of noble spinel in Svetlinsky deposit are the same as in marbles. Likely time of spinel formation is an early stage of regressive metamorphism (C₂ and P₁).

Keywords: *mineralogy; gemstones; Urals.*

TECHNICAL SCIENCES

Overview of pneumatic devices for the transportation of friable mixes and processes within them / Afanasiev A. I., Potapov V. Ya., Kostyuk P. Ya., Makarov V. A.

The paper considers the bases of calculation of pneumatic devices for the transportation of various friable mixes. Mathematical model of this device is composed. Geometric parameters of the device and its main components are mathematically proved. The scheme of chamber feeder of pneumatic transport device and it is described its operating principle. These mathematical relationships may be used for the calculation of pneumatic systems applicable to various industries.

Keywords: *pneumatic transport; mathematical model; friable mix; transportation; feeder.*

Afanasiev A. I., Potapov V. Ya., Kostyuk P. Ya. – Ural State Mining University. Ekaterinburg, Russia.

Makarov V. A. – CJSC "Tsvetmetnaladka" (non-ferrous metals tuning). Ekaterinburg, Russia.

Assessing of the impact of ambient temperature on the life of details and units of mining machines
/ Ivashenko E. P., Marchenko A. Yu., Yudkin B. Yu., Marchenko M. Yu., Saltanov S. N., Barinov I. M., Vikulov E. A.

The article deals with the accounting for the negative low ambient temperatures on the performance of details and units of mining machines. The dependence of changes in the endurance limit of the details and assemblies material from the ambient temperature. There is an example of calculating the resource of fan shaft which taking into account the temperature factor. The conclusion about the need to consider the ambient temperature at the commission surveys of mining machines.

Keywords: *details; components of mining machines; performance; ambient temperature.*

Ivashenko E. P., Marchenko A. Yu., Yudkin B. Yu., Marchenko M. Yu., Saltanov S. N., Barinov I. M., Vikulov E. A. – SJSC "Tsvetmetnaladka" (non-ferrous metals tuning). Ekaterinburg, Russia.

Experience of milling combine working in Koelginskoe marble field / *Chebotarev S. I.*

In the article there is the experience and the advantages of using a milling combine in developing of marble deposits. The conditions of the use of Wirtgen 2500 SM combine are described, and given are the main indicators of its work on various sections of Koelginskoe marble deposit.

Keywords: *milling combine; marble deposit; mine; schemes of work; the milling depth; the use of working time.*

Chebotarev S. I. – SJSC "Koelgamramor". Chelyabinsk, Russia.

ECONOMIC SCIENCES

Improvement of conditions justification at the geological and economic assessment of deposits
/ Fadeichev A. V., Kosolapov O. V., Tseitlin E. M.

This article discusses the importance of conditions from the perspective of maintaining the level of production of minerals. The necessity of integrating environmental considerations in determining the amount of conditions. There is the essence of dynamic conditions and differential system of conditions proposed by Professor Xu Tao which was implemented in a number of producing fields in China.

Keywords: *dynamic, differential conditions; environmental factor; justification.*

Fadeichev A. V., Tseitlin E. M. – Ural State Mining University. Ekaterinburg, Russia.

Kosolapov O. V. – SJSC «Preobrazhenskneft». Orenburg, Russia.

Formation of the enterprise' resource policy / *Valiev V. N.*

The article reveals the contents of four stages of the resource policy formation on the mining enterprise. Greatest attention is paid to the fundamental principles reflecting the requirements of the process of resource-saving policy developing. It is emphasized that the principles and obligations inherent to environmental policy are typical for foreign companies.

Keywords: *resource-saving policy; development; stages; planning; control.*

Valiev V. N. – Ural State Mining University. Ekaterinburg, Russia.

Experience in economic evaluation of specially protected areas / *Litvinova A. A., Ignatieva M. N., Vlasova L. V.*

The article analyzes the experience of economic evaluation of various protected areas. We consider the specifics of methodological approaches to the assessment of direct and indirect components of use, as well as certain assumptions incorrect methods of assessment procedures. Particular attention is paid to economic evaluation of biodiversity which is one of the most difficult and controversial aspects.

Keywords: *protected areas; economic evaluation; methodic approaches; biodiversity conservation.*

Litvinova A. A. – Institute of Economics, The Ural branch of Russian Academy of Sciences. Ekaterinburg, Russia.

Ignatieva M. N., Vlasova L. V. – Ural State Mining University. Ekaterinburg, Russia.

ТРЕБОВАНИЯ К РУКОПИСЯМ СТАТЕЙ, НАПРАВЛЯЕМЫХ В ЖУРНАЛ «ИЗВЕСТИЯ УГГУ»

Уважаемые авторы!

Журнал «Известия УГГУ» предназначен для публикации результатов научных исследований сотрудников, аспирантов, студентов УГГУ и лиц сторонних организаций.

В редакцию необходимо предоставить:

1. Текст статьи на русском языке в электронном и печатном виде (в 2 экз., с подписью автора). Текст должен быть идентичен в обеих версиях. Необходимо указывать номер УДК.

2. Библиографический список. Ссылки на источники должны идти в тексте по порядку – 1, 2, 3). В тексте ссылки заключаются в квадратные скобки. Количество ссылок в тексте должно соответствовать количеству источников литературы в библиографическом списке. Упоминания ГОСТ, СНиП, правил безопасности, нормативных, законодательных и других документов рекомендуется приводить в тексте статьи, не вынося в библиографический список.

3. Аннотацию и ключевые слова.

4. Сведения об авторах. Необходимо указать ФИО, должность, ученую степень и звание, место работы (учебы) с указанием полного почтового адреса, контактный e-mail, контактный телефон.

5. Рекомендацию кафедры, или члена редколлегии, или редактора по разделу.

6. Экспертное заключение о возможности опубликования.

Название статьи, аннотация, ключевые слова должны быть переведены на английский язык. Также необходима транслитерация фамилии, имени, отчества, которую Вы обычно используете.

Объем статей вместе с иллюстрациями не должен превышать 10 стр.

Оформление статей

1. Текст статьи набирается в редакторе Microsoft Word, поля документа: левое 3 см, остальные – 2,5 см. Шрифт Times New Roman, 11 кегль, одинарный интервал. Страницы нумеруются.

2. В тексте допускаются только общепринятые сокращения слов. Все сокращения в тексте, рисунках, таблицах должны быть расшифрованы.

3. Формулы должны быть набраны в редакторе Microsoft Equation и пронумерованы, если в тексте имеются ссылки на них.

4. При наборе формул и текста латинские буквы выделяют курсивом, а русские, греческие и цифры – прямым шрифтом.

5. Тригонометрические знаки (\sin , \cos , tg , arcsin и т. д.), знаки гиперболических функций (sh , ch , th , cth и т. д.), обозначения химических элементов (Al, Cu, Na и т. д.), некоторые математические термины (\lim , \ln , \arg , grad , const и т. д.), числа или критерии (Re – Рейнольдса и т. д.), названия температурных шкал ($^{\circ}\text{C}$ – градусы Цельсия и т. д.) набирают прямым шрифтом.

6. Физические единицы приводятся в системе СИ.

Графический материал

Рисунки, карты, чертежи предоставляются в электронном и бумажном виде, в цветном и/или черно-белом исполнении. Изображения должны быть четкими, контрастными. Таблицы и схемы должны быть пригодными для правки. Таблицы и схе-

На картах обязательно указывается масштаб. На чертежах, разрезах, картах должно быть отражено минимальное количество буквенных и цифровых обозначений, а их объяснение – в подрисуночных подписях. Ксерокопии и сканированные ксерокопии фотографий не принимаются. Рисунки с нечитаемыми или плохо читаемыми надписями, с подписями «от руки», слишком тонкими линиями не принимаются.

Текст в рисунках, картах, схемах, таблицах должен быть набран шрифтом Times New Roman.

Подрисуночная подпись должна быть набрана 9 кеглем и шрифтом «Times New Roman», экспликация – 8 кеглем, шрифт тот же.

Основной текст в таблице набирается 9 кеглем, шрифт «Times New Roman», шапка таблицы – 8 кеглем, шрифт «Times New Roman».

Редактура и компьютерная верстка *Шориной Э. В.*
Корректор *Пихтовникова О. Г.*

Подписано в печать 17.09.2015. Формат 60 × 84 1/8. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 12,5. Уч.-изд. л. 11,9. Тираж 500. Заказ № 14.

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-55055

Адрес редакции: 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30,
Уральский государственный горный университет, комн. 3142.

Тел.: (343)251-15-95

E-mail: iuggu@66.ru

<http://www.ursmu.ru/science/izdatelskaya-deyatelnost/izvestiya-uggu.html>

Отпечатано в типографии
ООО Универсальная Типография «Альфа Принт»
620030, г. Екатеринбург, ул. Карьерная, д. 14