ВЕСТНИК

РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК
(Западно–Сибирское отделение)

Выпуск 19, 2016 г.

Редакционная коллегия
Е.В. Протопопов
(отв. редактор)
М.В. Темлянцев
(зам. отв. редактора)
К.Г. Громов
В.Г. Лукьянов
В.Н. Нестеров
В.М. Самаров
П.С. Чубик
С.М. Простов

Печатается по решению Президиума Западно–Сибирского отделения Российской академии естественных наук

© Российская академия естественных наук, Западно–Сибирское отделение, 2016

© Издательский центр Сибирского государственного индустриального университета

Адрес редакции: 654007 г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42, Сибирский государственный индустриальный университет
тел. 8–3843–46–58–83
http: www.sibsiu.ru
ISSN 2311–9519

Содержание

П.С. Чубик
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ КАК ЭПОХА……..……...3
РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА ……...….10
В.И. Исаев, Нгуен Хыу Бинь
Генезис коллекторов нефти кристаллического фундамента месторождения Белый Тигр .....……...9
В.И. Исаев, Г.А. Лобова, Т.Е. Лунёва
Нефтеносность палеозойского фундамента и коры выветривания Усть-тымской мегавпадины (по данным геотермии и бурения) ……....23
В.И. Исаев, Л.В. Илларионова, О.С. Исаева, М.С. Кокорина
Сланцевая нефтеносность баженовской свиты Томской области ……....30
И.Г. Ященко, Ю.М. Полищук
Трудноизвлекаемые нефти и анализ их свойств на основе классификации по качеству нефти ……..……37
В.Н.Ростовцев, В.В. Ростовцев
К вопросу о нефтегазоносности Омской области……..…45
ГЕОТЕХНОЛОГИЯ И ГЕОМЕХАНИКА ..……..……..50
А.Ю. Дмитриев, Л.В. Воробьева, В.В. Малышев, Д.В. Худяков
Повышение эффективности работы компаний нефтегазового копмлекса путем разработки профессиональных компетенций для функциональных блоков: геология, разработка месторождений, бурение …..……..50
Е.В *Перегудина, В.А. Домаренко*
Потенциальные геоэкологических риски при освоениии железных руд бакчарского рудного узла (Томская область) ..…….……..55
И.В. *Павлова, В.А. Домаренко*
Природные и природно-антропогенные факторы геоэкологических рисков при освоениии месторождений эльконского урановорудного района (Южная Якутия) ……..……..58
Е.С. Кузнецова, В.А. Домаренко
Вещественный состав и геохимические особенности кор выветривания по гранитоидам Витимского урановорудного района .. ……62
МЕТАЛЛУРГИЯ……..……69
В.В. Солоненко, Е.В. Протопопов, А.Г. Чернятевич, М.В. Темлянцев
Математическое моделирование тепломассообменных процессов при предварительном подогреве металлолома в конвертере……..…..69
А.П. Подольский, А.А. Рыбушкин, С.А. Казимиров, М.В. Темлянцев, В.В. Солдатов
Технологии комплексной переработки железосодержащих отходов горно-обогатительных и металлургических производств……..……...76
С.Н. Кузнецов, Е.В. Протопопов, А.Г. Чернятевич
Конвертер жидко-фазного восстановления – агрегат для прямого легирования и производства марганцевых концентратов……..…80
А.Е. Аникин, Г.В. Галевский, В.В. Руднева
Производство и применение полукокса Березовского месторождения КАБ……....89
Г.В. Галевский, В.В. Руднева, И.В. Ноздрин, С.Г. Галевский, К.А. Ефимова
Плазмометаллургическое производство нанокристаллических боридов и карбидов……..……100
Т.И. Алексеева, Г.В. Галевский, В.В. Руднева, С.Г. Галевский
Производство карбида циркония: современное состояние, доминирующие тенденции, технологические и экономические прогнозы……..……..……...110

Н.А. Козырев, Н.В. Кибко, А.А. Уманский, Д.А. Титов
Повышение качества наплавляемого сталью 25Х5ФМС валика……....126
Н.А. Козырев, Н.В. Кибко, А.А. Уманский, Д.А. Титов
Улучшение структуры и свойств стали 35В9Х3СФ…….....138
Н.А. Козырев, Н.В. Кибко, А.А. Уманский, Д.А. Титов, П.Д. Соколов
Исследование влияния состава порошковых проволок на характеристики наплавленного слоя прокатных валков…….……149
А. М. Апасов, Э. В. Козлов, С. Н. Федосеев
К вопросу о качестве химико-термической обработки конструкционной легированной стали. Ч. 1. Методика проведения и результаты исследований …….. ……...155
А. М. Апасов, Э. В. Козлов, С. Н. Федосеев
К вопросу о качестве химико-термической обработки конструкционной легированной стали. Ч. 2. Обсуждение результатов исследования ……174
БИОМЕДЕЦИНА И ЭКОЛОГИЯ……...…191
В.В.Захаренков, И.В. Виблая
О потребности в профпатологической лечебно-профилактической помощи …….……191
В.В. Захаренков, Т.Н. Страшникова, А.М. Олещенко, Д.В. Суржиков, В.В. Кислицына
Характеристика заболеваемости по обращаемости работников горнорудного предприятия ……..……...195
Ю.А. Григорьев, О.И. Баран
Профилактика заболеваний и предпосылки роста продолжительности жизни населения……...……198
М.Г. Жестикова, Л.В.Сытин, В.Е. Хомичева
Общественное здоровье. Особенности динамики основных индикаторов общественного здоровья в России в последние 20 лет ……203
В.А. Миненков, М.Г. Жестикова, В.Е. Хомичева
Деонтология при психологической реабилитации……...…….210
ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКИЕ ЗНАНИЯ И ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ……...…...213
Ю.П.Холюшкин, Е.Е.Витяев, В.В.Мартынович
О некоторых подходах к поиску стратегий исследования структур цитирования (на примере новой археологии)……...…….213
Е.Г. Лашкова
Особенности организации практики для обучающихся по направлению подготовки "Реклама и связи с общественностью "...…..…….218
РЕФЕРАТЫ……...……..……221

ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ КАК ЭПОХА

Чубик Петр Савельевич, ректор Национального исследовательского Томского политехнического университета, д.т.н., профессор

Когда отцы-основатели Томского технологического института (ТТИ) на рубеже XIX и XX веков закладывали базовые принципы построения первого высшего технического учебного заведения в азиатской части России, они, конечно, не могли даже приблизительно предположить, какая трудная судьба уготована их детищу. Как не могли они представить, какие суровые испытания ждут всю страну - революции, войны, слом эпох и устоев… Но в фундамент и конструкцию сибирского вуза ими был заложен двойной, тройной запас прочности. В прямом и переносном смыслах.

«Быть высшим рассадником технических знаний», который принесет России «благотворные плоды, влияя не только на умственную и нравственную атмосферу страны, но и на весь строй ее экономической жизни», - напутствовал новое учебное заведение при его закладке 6 июля 1896 года попечитель Западно-Сибирского учебного округа Василий Маркович Флоринский. «Державною волею Государя Императора открыт в Томске широкозадуманный и широкопоставленный технологический институт» - так выразился на торжественном приеме по случаю открытия ТТИ в 9 декабря 1900 года товарищ (заместитель) министра народного просвещения, экс-ректор и профессор Московского университета Николай Андреевич Зверев. Эта широта замысла и постановки дела не раз выручала, а то и спасала вуз при многочисленных экономических и политических катаклизмах, происходивших в государстве, череде трансформаций, реорганизаций, переименований, неоднократно случавшихся в истории Томского политехнического.

На протяжении вот уже 120 лет Томский технологический институт, ныне Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), подтверждает и делами, и судьбами десятков тысяч своих сотрудников и выпускников полное соответствие изначальному замыслу. Вместе со страной, живя ее трудами и заботами, вуз на всех исторических отрезках и изломах, во все времена сеял семена знаний, пользы и прогресса. Продолжает он это делать и сегодня, демонстрируя динамичное развитие.

Были бы довольны «родители» ТТИ, если бы им представилась фантастическая возможность заглянуть через время и увидеть, как сегодня живет их повзрослевшее дитя?

Думаю, что да.

Возьмем, к примеру, развитие материальной базы вуза. В первые десять лет существования Томского технологического института были построены шесть его основных корпусов (главный, химический, физический, горный,

инженерный и механические мастерские), а также ряд вспомогательных сооружений (газовый завод, газгольдер, система внешней канализации, мостовые и др.).

Главный корпус Томского политехнического университета

Построенные в начале XX века корпуса и сегодня являются базовыми для Томского политехнического университета, бережно содержатся, ремонтируются, реконструируются. Несмотря на то, что во многих из них во время Первой и Второй мировых войн размещались войска, военные училища, госпитали, заводские производства, за прошедшие годы обеспечена их полная сохранность. Первый директор ТТИ Ефим Лукьянович Зубашев, думаю, был бы немало удивлен, узнав, что харьковская плитка, закупленная по его инициативе для покрытия полов в главном корпусе, до сих пор исправно служит политехникам, выдержав перемещение по ним станков, артиллерийских орудий и многих других тяжелых предметов. И, конечно, Ефим Лукьянович со своими соратниками порадовались бы факту включения ансамбля зданий вуза в Свод особо ценных объектов исторического наследия народов России. Как и тому, что за минувшие 120 лет кампус вуза значительно разросся. В его состав сегодня входит 29 корпусов, 15 студенческих общежитий на 7 000 мест, а также международный культурный центр, научно-техническая библиотека, исследовательский ядерный реактор, санаторий-профилакторий, стадион «Политехник», более десятка открытых спортивных площадок, детские сады, загородная база отдыха, детский оздоровительный лагерь, центр учебных геологических практик в Хакасии и многое другие. Общая площадь кампуса ТПУ сегодня составляет свыше 323 тысяч квадратных метров. Из самых последних «добавок» - 17-этажное общежитие на 720 мест (введено в декабре 2015 года), плавательный бассейн ТПУ (открыт в марте 2016 года), первая очередь Научного парка (май 2016 года).

В начальный период своего существования Томский технологический институт при поддержке правительства имел возможность оснастить свои лаборатории и учебные аудитории самым современным для того времени научным и демонстрационным оборудованием. Многое закупалось за границей, при этом ввоз научных приборов и аппаратуры для нужд института освобождался от таможенных пошлин.

История повторяется. В 2010-2014 годах при поддержке государства, на средства, выделенные для реализации программы развития ТПУ как Национального исследовательского университета, а также на собственные средства вуз приобрел около 800 единиц современного научного и технологического оборудования на сумму свыше 2 млрд руб. Созданы все условия для того, чтобы в ТПУ росли и совершали открытия новые Обручевы, Вейнберги, Кижнеры…

Визит Президента РФ Путина В.В. в ТПУ

До революции все преподаватели института могли спокойно уместиться на одной групповой фотографии. В 1909 году, например, штат ТТИ состоял из 19 профессоров (11 ординарных и 8 экстраординарных), 29 преподавателей, 14 старших лаборантов и 9 младших. Сегодня в вузе только профессоров свыше 200. А всего научно-педагогических работников более 2 тысяч человек.

Численность студентов ТТИ составляла в 1909 году 1607 человек. За период с 1906 (год первого выпуска) по 1917 годы институт подготовил 882 инженера. Сегодня примерно столько в ТПУ насчитывается только одних аспирантов, а всего в вузе учится по всем формам обучения около 17 тысяч человек.

Отличительной особенностью Томского технологического института всегда было совмещение образовательной и научной деятельности. Преподаватели активно занимались наукой в институтских лабораториях, привлекая к исследованиям наиболее способных студентов. Эта практика, несколько утраченная в советское время, когда некоторые научные направления были выделены в отдельные научно-исследовательские институты и проблемные лаборатории при вузе, сегодня возрождается на новом уровне. Научно-образовательные институты ТПУ, созданные на базе факультетов и

НИИ, представляют собой интегрированные подразделения, где научная и преподавательская деятельность вновь сплетены в единое целое.

Одним из преимуществ работы в Томском технологическом институте, которым в первые годы его существования активно завлекались молодые перспективные научно-педагогические кадры, была возможность отправиться в длительную заграничную стажировку в ведущие научно-образовательные центры, а также на заводы и фабрики Европы и Америки. Этой возможностью воспользовались многие молодые преподаватели ТТИ, ставшие впоследствии известными учеными: Н.И. Карташев, Н.В. Гутовский, А.В. Лаврский, В.Я. Мостович, Н.В. Некрасов, Т.И. Тихонов и др.

В советское время такая практика была сведена почти к нулю, в 90-е годы прошлого века начала возрождаться, а сегодня стала обычным явлением. Только в 2015 году в программах международной академической мобильности приняли участие 172 сотрудника ТПУ. Великобритания, Германия, Израиль, Япония, США, Италия, Австрия – далеко не полный перечень стран, в университетах и научных центрах которых имели возможность пройти стажировку томские политехники. И будут иметь в дальнейшем. Недавно **трое молодых ученых ТПУ отправились в долгосрочную стажировку в Европейский центр ядерных исследований (ЦЕРН), что вблизи Женевы (Швейцария). Там они будут участвовать в эксперименте «АТЛАС» (ATLAS) на Большом адронном коллайдере.**

Ректор ТПУ Чубик П.С. и Председатель Международного научного совета Данон Шехтман

Совершенно другие возможности в части международной мобильности и у нынешних студентов Томского политехнического. Свыше 500 человек ежегодно проходят обучение и стажировки в зарубежных университетах и компаниях. Об этом студенты-технологи времен М.А. Усова, И.Н. Бутакова и Д.А. Стрельникова могли только мечтать. А если бы им еще сказали, что через 100 с лишним лет четверть всех обучающихся в их родном вузе будут иностранные граждане из более чем 40 стран мира, они бы, конечно, не поверили. Где? В Сибири? Студенты из Китая и Африки? Как сказали бы представители сегодняшнего «поколения гаджетов»: это просто взрыв мозга!

Еще одна традиция, заложенная первыми профессорами и преподавателями Томского технологического института, которая сегодня на новом витке истории продолжает активно развиваться – это тесные связи вуза с промышленными предприятиями. В начале XX века для нарождающейся сибирской промышленности ТТИ был «лучом света в темном царстве». Многие сотрудники института активно сотрудничали со службами Сибирской железной дороги, золотопромышленниками, горными, металлургическими предприятиями (например, с «Копикузом» - Кузнецкими каменноугольными копями).

Сегодня, пожалуй, нет ни одной крупной промышленной компании не только в Сибири, а во всей России, с которой вуз не имел бы соглашения о сотрудничестве и стратегическом партнерстве. Газпром, Росатом, Роснефть, Сибур, Алроса, Транснефть, Роскосмос, Роснано, «Интер РАО», более 320 ведущих предприятий Российской Федерации являются партнерами Томского политехнического университета. ТПУ – участник 14 программ инновационного развития российских госкорпораций, для шести из которых является опорным вузом.

В 1910 году профессор ТТИ Борис Петрович Вейнберг стал первым томским ученым, опубликовавшим результаты своих исследований, проводившихся в институте, в журналах Nature и Science. Сегодня сотрудниками ТПУ ежечасно публикуется две научные статьи, ежедневно – четыре статьи в изданиях, индексируемых международными базами данных Web of Science и Scopus, еженедельно пять статей в научных журналах с высоким импакт-фактором. Каждый год в вузе томские политехники защищают более 100 кандидатских и докторских диссертаций, регистрируют свыше 250 патентов и других результатов интеллектуальной деятельности.

Если в начале прошлого века сотрудники Томского технологического института почитали за честь поучиться во время командировок за рубеж у лучших ученых Европы в их лабораториях и научных центрах, то теперь ведущие исследователи из США, Италии, Германии, Израиля, Великобритании и других стран мира возглавляют в Томском политехническом университете международные научно-образовательные центры. А Международный научный совет ТПУ возглавляет Нобелевский лауреат по химии, профессор Дан Шехтман. В вузе сегодня работает более 100 иностранных ученых и преподавателей.

«Быть рассадником технических знаний…». Сто двадцать лет Томский политехнический университет следует этому завету. В 1932 году академик Сергей Иванович Вавилов сказал, выступая на сессии Академии наук СССР: «…За Томском числится небывалый подвиг, подвиг внедрения науки и техники в необъятные области Урала и Сибири. Академия наук знает, что инженеры – пионеры Урала - почти без исключения были томичами. Первые зачатки техники на Дальнем Востоке принадлежат Томску. Академии наук известно, что основы исследования естественных богатств Сибири заложены томичами. Томск стал центром теоретической и научно-технической мысли».

Такая высокая оценка дана всего через тридцать лет после открытия первого технического вуза на востоке страны.

Всего же за прошедшие двенадцать десятилетий истории ТПУ из его стен вышли 167 600 выпускников. Среди томских политехников 6 Героев Советского Союза, более 50 Героев Социалистического труда, 30 лауреатов Ленинской премии и свыше 300 лауреатов Государственных премий СССР и Российской Федерации, более 80 действительных членов и членов-корреспондентов государственных академий наук СССР, союзных республик, России и стран СНГ, более 350 первооткрывателей месторождений полезных ископаемых. В Томском политехническом учились и работали десять будущих министров союзного и российского правительств, 11 первых секретарей обкомов КПСС, депутаты высших законодательных органов власти государства, главы российских регионов Питомцы вуза возглавляли и возглавляют крупнейшие промышленные предприятия страны: Кузнецкий и Магнитогорский металлургический комбинаты, Кировский завод, Харьковский тракторный завод, «Уралмаш», комбинат «Маяк», Сибирский химический комбинат, Красноярский машиностроительный завод, Горно-химический комбинат, НПО имени Лавочкина и др. Большей частью атомных электростанций Советского Союза и Российской Федерации руководили и руководят выпускники ТПУ. На базе Томского политехнического создано более 20 высших учебных заведений и научно-исследовательских институтов страны.

Какую бы сферу жизнедеятельности человека мы не взяли – всюду отметились томские политехники. В космосе (сейчас на борту МКС находится мини-спутник «Томск-ТПУ-120, изготовленный студентами и сотрудниками вуза), в океанских глубинах, в Арктике и на экваторе, в фундаментальной науке и прикладных исследованиях, в лабораториях и заводских цехах, в крупном и малом бизнесе, на военном поприще и в спорте, даже в литературе и живописи! «Благотворные плоды» деятельности Томского политехнического университета дали славный урожай.

За свою историю ТПУ последовательно прошел несколько этапов в своем развитии. Сначала – региональный уровень, затем – национальный. Сегодня Томский политехнический берет курс на новый уровень развития – мировой. Пришло время расширять границы влияния, становиться ведущим научно-образовательным центром международного значения. Фундамент для нового рывка создан. И его запаса прочности хватит для покорения самых высоких вершин на пути к намеченной цели.

УДК 550.823

В.И. Исаев, Нгуен Хыу Бинь

ГЕНЕЗИС КОЛЛЕКТОРОВ НЕФТИ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ФУНДАМЕНТА МЕСТОРОЖДЕНИЯ БЕЛЫЙ ТИГР

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

Постановка задачи

В отличие от традиционных пород-коллекторов, имеющих преимущественно гранулярную пористость, коллекторы магматического фундамента месторождения Белый Тигр, расположенного в Кыулонгской впадине на шельфе Вьетнама, характеризуются трещинно-кавернозной пористостью, имеют различное распределение как по площади, так и по разрезу.

Настоящей работой *решались следующие задачи:* 1) анализ и обобщение тектонических исследований и исследований керна пород фундамента, с детализацией по геологическим блокам. Определение основных факторов, влияющих на образование пустотности в породах фундамента; 2) обоснование разделения резервуара фундамента на блоки и построение зависимостей вторичной пористости от глубины на основе результатов интерпретации данных геофизических исследований скважин (ГИС). Районирование резервуара (ранжирование блоков) по степени нефтеперспективности; 3) построение зависимостей удельной продуктивности от общей и вторичной пористостей на основе результатов интерпретации данных ГИС в интервалах притока нефти. Создание интерпретационно-прогностической базы для оценки продуктивности разреза по данным ГИС.

Изучение нефтегазоносности магматических пород приобретает особую актуальность для выявления фундаментальных закономерностей нафтидогенеза.

Геология и нефтегазоносность объекта исследований

Кыулонгская впадина распространяется вдоль побережья Южного Вьетнама (рис. 1). В пределах впадины выделяются Центрально-Кыулонгская и Южно-Кыулонгская мульды, которые разделяются Центральным поднятием. В пределах Центрального поднятия прослеживается ряд положительных структур: Чом-Чом, Дракон (Rong), Белый Тигр (Bach Ho), Заря (Rang Dong) и др.

Геологический разрез месторождения Белый Тигр представлен докайнозойскими кристаллическими породами фундамента и преимущественно терригенными породами осадочного чехла (рис. 2).

Фундамент осадочного чехла представляет собой горстообразный батолит сложного строения, размером 30 х 6–8 км. Батолит состоит из трех сводов – Южного, Центрального, Северного, которые разбиты серией разломов основного субмеридионального простирания и подчиненного – субширотного (рис. 3 и 4).

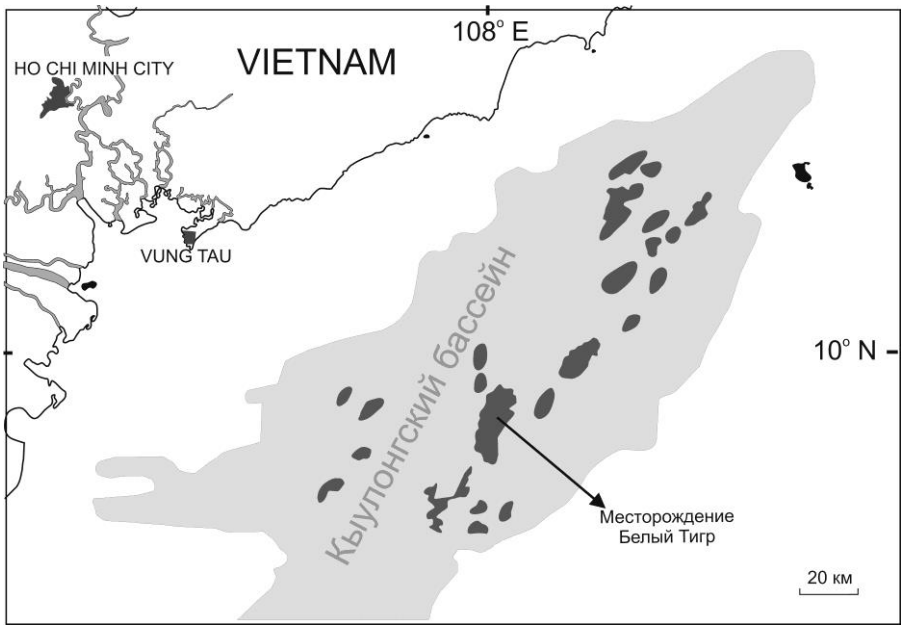


Рисунок 1 – Положение месторождения Белый Тигр на обзорной схеме месторождений УВ Кыулонгской впадины

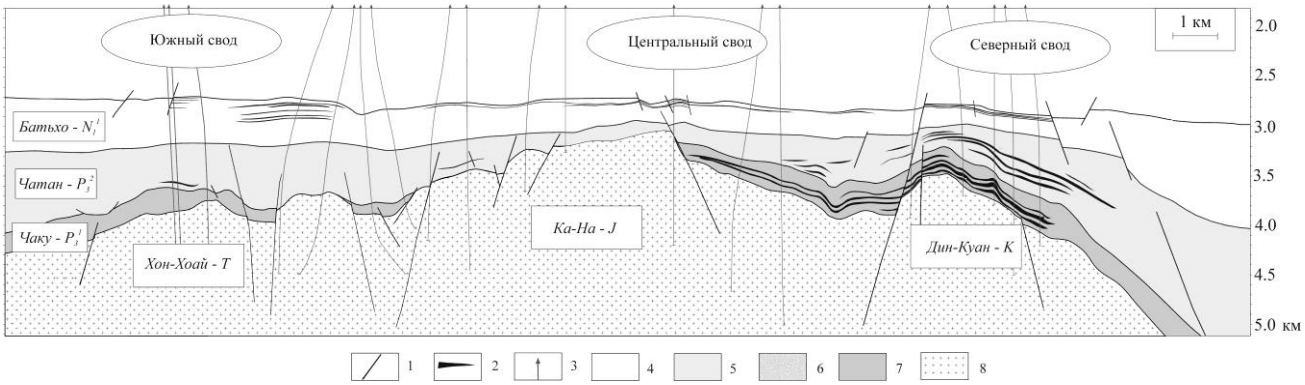


Рисунок 2 – Схематический продольный геологический разрез месторождения Белый Тигр: *1* – тектоническое нарушение; *2* – залежь нефти в осадочном чехле; *3* – траектория скважины; *4* – нерасчлененные отложения; *5* – отложения нижнего миоцена; *6* – отложения верхнего олигоцена; *7* – отложения нижнего олигоцена; *8* – залежь кристаллического фундамента.

Комплекс *Дин-Куан*, сложенный преимущественно гранитоидами, распространен в центральной части Северного свода, а комплекс *Хон-Хоай*

(кварцевые амфибол-биотитовые монцодиориты и амфитол-биотитовые диориты) занимает восточную часть Северного свода. Комплекс *Ка-На*, представленный гранитами, слагает весь Центральный свод, а также фрагментами Северный и Южный. Породы фундамента в различной степени изменены вторичными процессами.

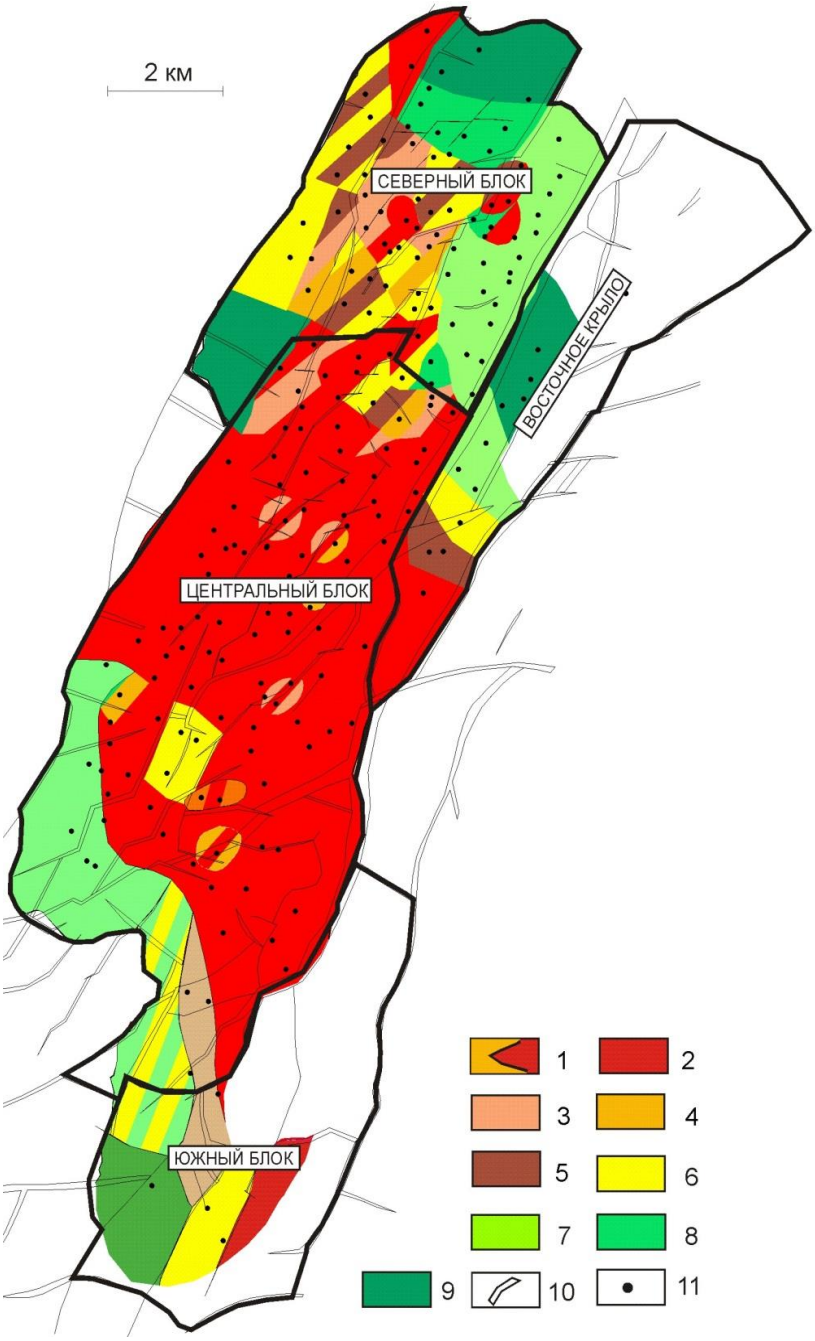


Рисунок 3 – Схема распространения петротипов пород кристаллического фундамента месторождения Белый Тигр: *1* – граница геологического блока; *2* – граниты; *3* – адамелит; *4* – кварцевые монцониты; *5* – гранодиориты; *6* – кварцевые биотитовые монцодиориты; *7* – кварцевые амфибол-биотитовые монцодиориты; *8* – кварцевые биотитовые диориты; *9* – амфибол-биотитовые диориты; *10* – тектоническое нарушение; *11* – скважина.

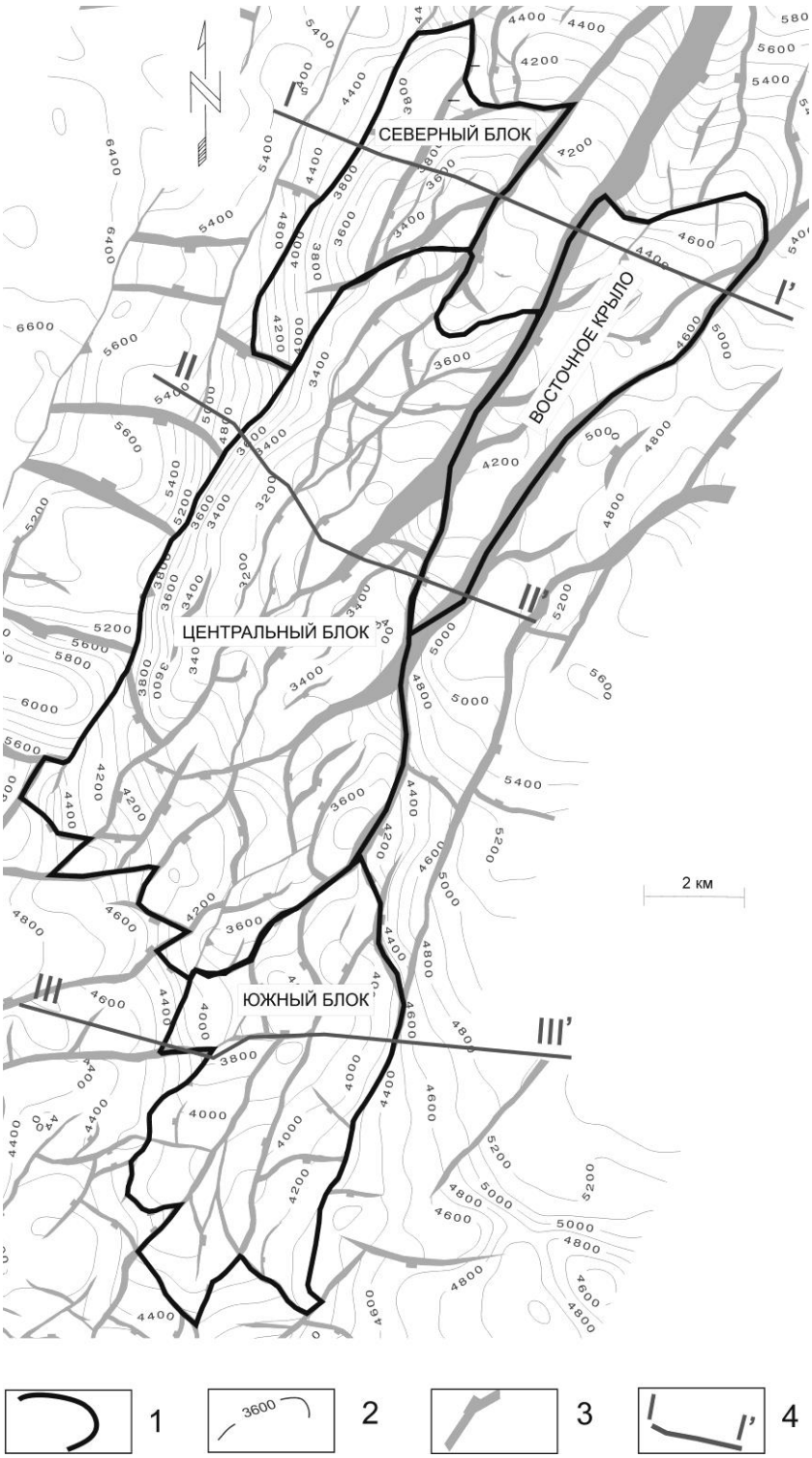


Рисунок 4 – Обзорная структурная карта кристаллического фундамента месторождения Белый Тигр: *1* – граница геологического блока; *2* – изогипса, м; *3* – тектоническое нарушение; *4* – линия поперечного геологического разреза.

Анализ взаимосвязи пористости и проницаемости пород фундамента с их петрографическим составом показывает, что потенциально наиболее продуктивными породами, обладающими высокой приточностью, являются кислые породы – в основном граниты, а также гранодиориты [1].

Разрез осадочного чехла расчленен по литологическим, палинологическим и палеонтологическим признакам на свиты местной стратиграфической шкалы (рис. 2): *Чаку* (нижний олигоцен), *Чатан* (верхний олигоцен), *Батьхо* (нижний миоцен), *Кошнон* (средний миоцен), *Донгнай* (верхний миоцен) и *Бьендонг* (нерасчлененные плиоцен-четвертичные отложения). В средней части разреза свиты *Чатан* глинистые породы содержат массовые концентрации органического вещества и являются хорошими нефтематеринскими породами [2].

Месторождение Белый Тигр находится в сложной ***в тектоническом отношении*** центральной части Кыулонгского бассейна. Фундамент месторождения Белый Тигр и, в целом Кыулонгская впадина Зондского шельфа, подвергались многократному тектоническому воздействию. К концу мезозоя Зондский шельф представлял собой устойчивую континентальную плиту [3].

С начала образования фундамента до среднего миоцена тектоническая деятельность Кыулонгского бассейна характеризуется различными фазами растяжения и сжатия [4]. В результате столкновения Индийской плиты и Евразиатской (в позднем олигоцене) Индокитайская плита двигается к юго-востоку (рис. 5). Вследствие этого возникло сжимающее тектоническое напряжение с эпицентром на северо-западе Кыулонгского бассейна. Были образованы ряд взбросов в Центральном поднятии в направлении с северо-востока на юго-запад. Как отмечено в [5], главная фаза сжатия в позднем олигоцене имела важное значение в процессе образования пустотности.

Зона тектонического сжимающего напряжения подтверждены в обнажениях вдоль побережья Южного Вьетнама. Система взбросов с большой амплитудой четко выялена по данным сейсморазведки на западном крыле месторождения Белый Тигр (рис. 6). Тектоническая фаза сжатия в позднем олигоцене оказала дифференциальное влияние на процесс образования пустотности фундамента месторождения Белый Тигр. Наибольшее влияние тектонического фактора сказывается на породах Центрального и Северного блоков, где фундамент взброшен до 2 км.

Выявлена закономерность изменения (уменьшения) с глубиной пористости пород-коллекторов фундамента [6]. Вероятно, что главным фактором, обуславливающим образование вторичной пустотности в породах фундамента, является тектонический.

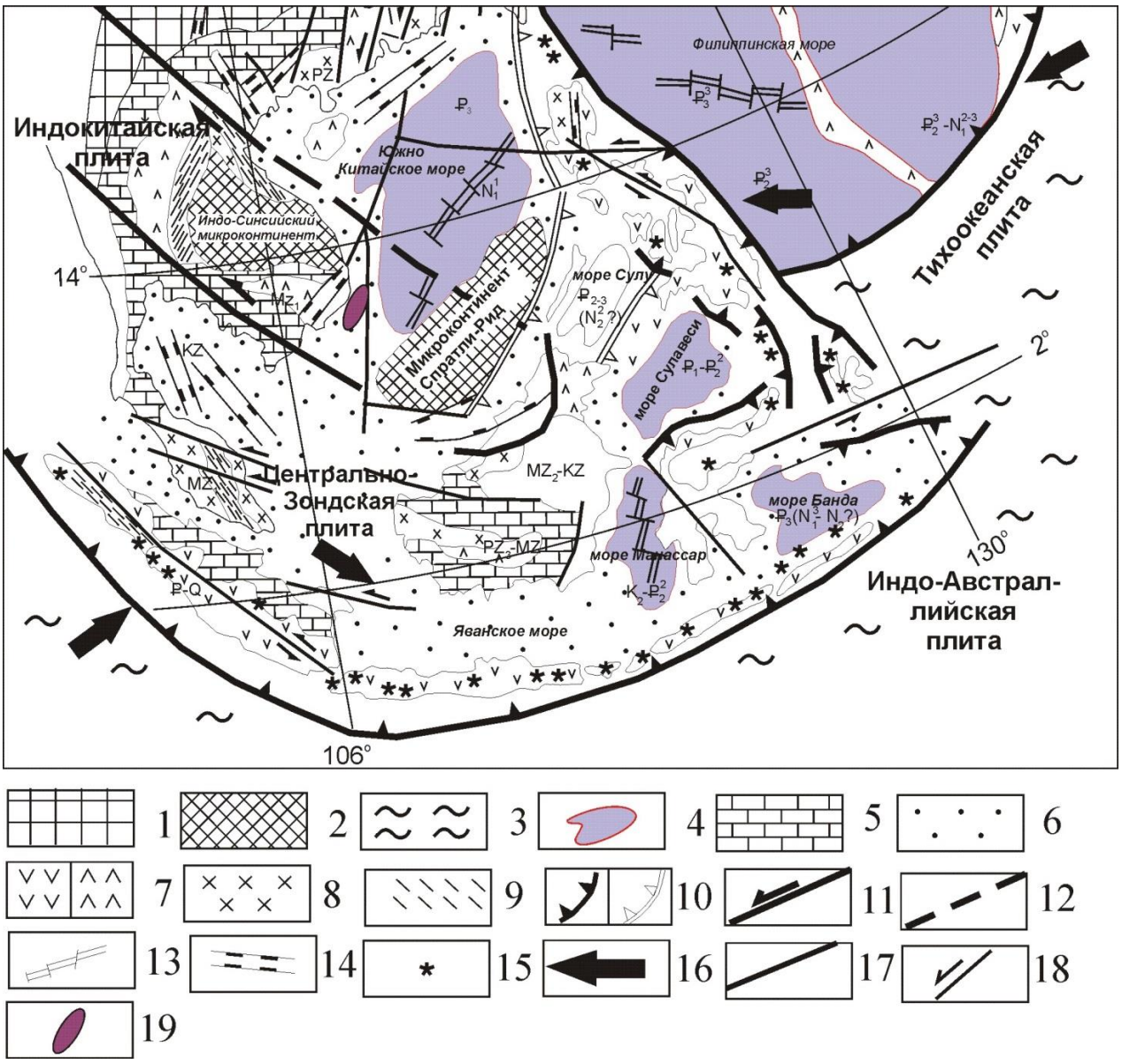


Рисунок 5 – Тектоническая схема Юго-Восточной Азии (с использованием [4]): *1* – континентальные плиты; *2* – микроконтиненты; *3* – океанические плиты; *4* – контуры новообразованной в результате спрединга океанической коры окраинных морей; *5*– древние шельфы; *6* – современные шельфы; *7* – островодужные вулканиты; *8* – коллизионные гранитоиды; *9* – складчатые комплексы; *10* – зоны субдукции: а) активные (конвергентные границы плит), б) неактивные; *11* – трансформные границы плит и микроплит; *12* – нечеткие границы плит и микроплит, проводимые по зонам рассеянной сейсмичности; *13* – активные (современные) зоны спрединга; *14* – крупные рифты; *15* – современный вулканизм; *16* – направление движения плит; *17* – разломы; *18* – сдвиги; *19* – Кыулонгский бассейн.

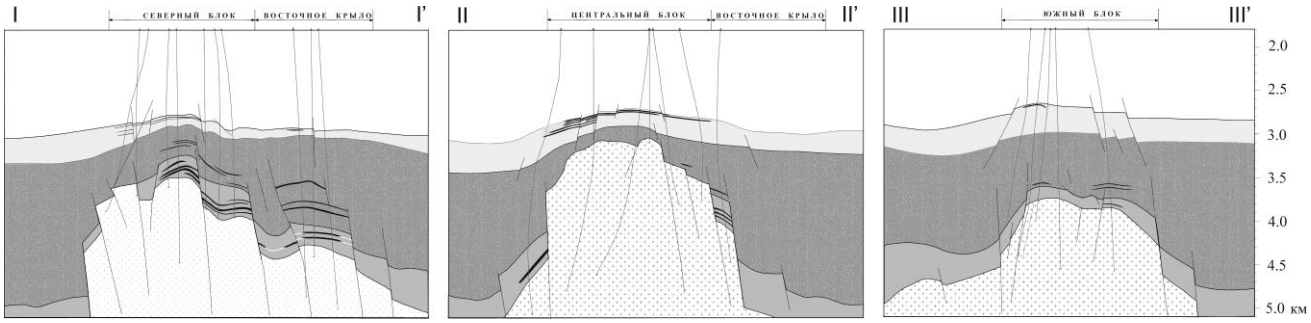


Рисунок 6 – Поперечные геологические разрезы по линии I-I'; II-II' и III-III' (рис. 4) через Северный, Центральный и Южный блоки. Условные те же, что на рис. 2.

Залежи нефти установлены в породах фундамента, отложениях олигоценового и нижне-миоценового возраста (рис. 2 и 6). Выделяются 4-е объекта разработки – породы фундамента, отложения нижнего олигоцена, верхнего олигоцена и нижнего миоцена. Фундамент является главным объектом, имеющим высокую продуктивность и основные запасы (порядка 500 млн. т).

Мониторинг пластового давления в процессе разработки свидетельствует о том, что массивная залежь фундамента имеет блоковый характер. По этим данным можно разделить резервуар фундамента на 4 блока (рис. 7): Центральный, Северный, Южный и Восточное крыло. Каждый блок фундамента имеет индивидуальные гидродинамические свойства [7]. Центральный блок имеет наиболее стабильные гидродинамические свойства, сходный характер наблюдается в Северном блоке II.

Методы каротажа скважин при изучении разреза фундамента

В настоящее время при исследовании коллекторских свойств пород фундамента месторождения Белый Тигр используют комплекс каротажных исследований, который можно разделить на две группы методов [8] – традиционные методы ГИС и методы изучения трещиноватости пород стенки скважины (сканирование).

Комплекс традиционных методов изучения литологии и плотности включает акустический с регистрацией продольной волны, нейтрон-нейтронный каротаж и другие радиоактивные каротажи. Петрофизическая основа комплексной интерпретации опирается на множественность минерального состава и модель порового пространства. Модель порового пространства гранитоидных трещиноватых коллекторов состоит из трещин, каверн и структурных пор. При этом общая пористость представляет собой сумму закрытых и открытых пор, трещин и каверн, придающих породам фильтрационно-ёмкостные свойства.

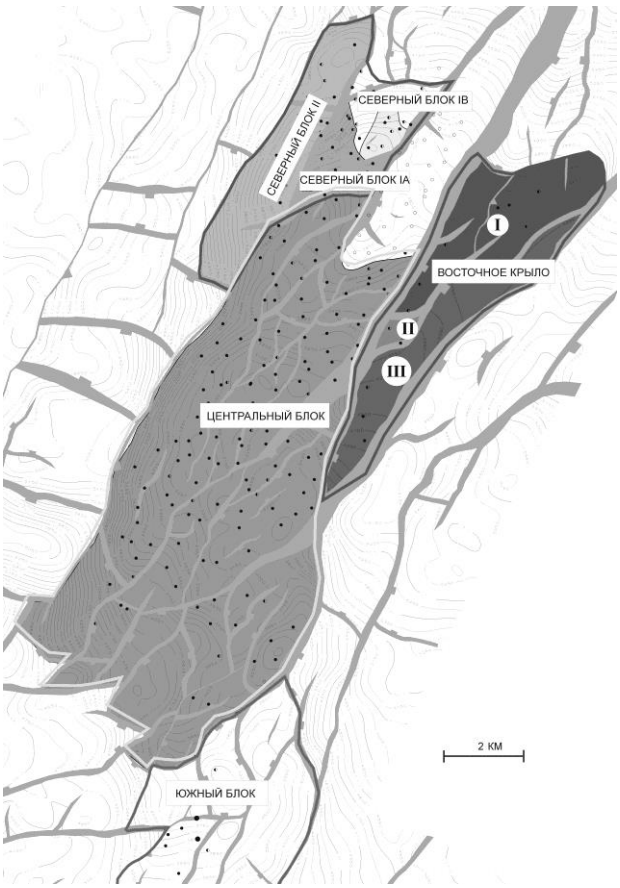


Рисунок 7 – Схема районирования фундамента на блоки по гидродинамическим особенностям. Условные обозначения те же, что на рис. 3 и 4.

Методы изучения трещиноватости пород – включают методы удельного электрического сопротивления (боковой каротаж) и сканирования (FMI – электрическое сканирование, DSI – акустический сканирующий каротаж, UBI – ультразвуковое акустическое зондирование). Методы, входящие во вторую группу, позволяют выявить зоны дробления, трещиноватости и определить трещинную пористость, параметры трещин.

Выявленные закономерности изменения пустотности кристаллических пород

Анализ изменчивости порового пространства в ***Центральном блоке*** (по данным каротажа 108 скважин, рис. 8а) привел к следующим результатам:

1. Фиксируется наличие коллекторов до абсолютной отметки -4967 м, что послужило определению нижней отметки при подсчете запасов по категории С2.

2. Устанавливается очевидная простая закономерность уменьшения величины вторичной пористости с глубиной. Простота (гладкость) закономерности вероятно обусловлено достаточно однородным составом петротипов пород фундамента Центрального блока (рис. 3).

3. Интервалы с повышенной вторичной пористостью выше абсолютной отметки -4000 м подтверждаются историей разработки месторождения. Они в настоящее время являются зонами, интенсивно вовлеченными в отбор нефти.

4. Повышенная вторичная пористость в верхней части фундамента является следствием тектонического фактора образования вторичной пористости в фундаменте. Эпицентр олигоценовой зоны сжатия, установленный по комплексу полевых геофизических и тектонических исследований, находится рядом, в западной части месторождения.

5. Наличие значительной коры выветривания в приповерхностной части фундамента наиболее приподнятого Центрального блока также способствует образованию зоны повышенной пустотности.

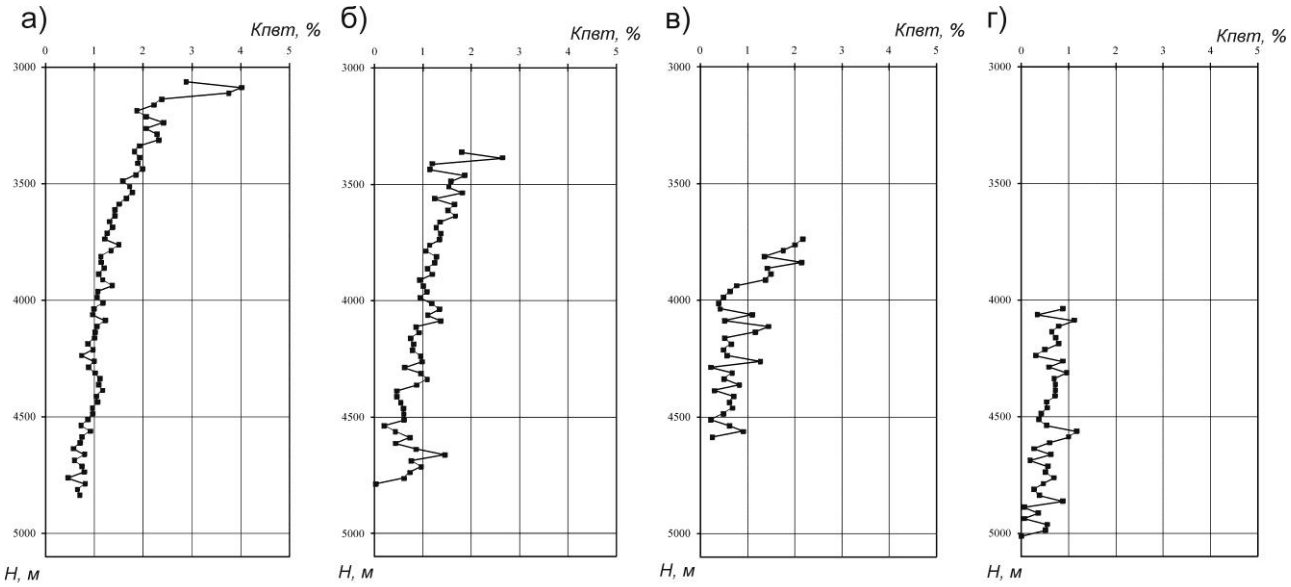


Рисунок 8 – Изменение вторичной пористости ($K_{пвт}$) пород-коллекторов фундамента месторождения Белый Тигр от глубины: а) Центральный блок (108 скважин); б) Северный блок (37 скважин); в) Южный блок (8 скважин); г) Восточное крыло (12 скважин).

Анализ изменчивости порового пространства в ***Северном блоке*** (по данным каротажа 37 скважин, рис. 8б) привел к следующим результатам:

1. Фиксируется наличие коллекторов до абсолютной отметки -4754 м, что послужило определению нижней отметки при подсчете запасов по категории С2.

2. По данным ГИС Северного блока как в целом, так и в отдельных подблоках I и II, установлена закономерность уменьшения величины вторичной пористости с глубиной.

3. Имеет место более сложный характер изменения вторичной пористости с глубиной, по сравнению с Центральным блоком, который вероятно обусловлен более интенсивным и неравномерным вторичным изменением пород фундамента Северного блока.

4. Неоднородность ФЕС пород фундамента Северного блока вероятно обусловлена также и сложным ансамблем петротипов (рис. 3).

5. Также как в Центральном блоке, повышенная вторичная пористость в верхней части фундамента Северного блока обусловлена тектоническим фактором образования пористости фундамента и наличием коры выветривания.

Анализ изменчивости порового пространства в ***Южном блоке*** (по данным каротажа 8 скважин, рис. 8в) привел к следующим результатам:

1. Для Южного блока фиксируется наличие коллекторов до абсолютной отметки -4572 м.

2. Кривая изменения вторичной пористости с глубиной имеет «пилообразный характер», что вероятно свидетельствует о чередовании трещиноватых и уплотненных зон по вскрытому разрезу.

3. Как и в Центральном и Северном блоках, в Южном блоке устанавливается закономерность уменьшения вторичной пористости с глубиной.

4. Низкая пористость пород Южного блока, очевидно, является следствием многообразия петротипов (рис. 3).

Анализ изменчивости порового пространства в ***Восточном крыле*** (по данным каротажа 12 скважин, рис. 8г) привел к следующим результатам:

1. Фиксируется наличие коллекторов до абсолютной отметки -4861 м.

2. Низкая вторичная пористость пород фундамента Восточного крыла, вероятно, обусловлена его глубоким погружением (рис. 6), возрастанием горного давления, препятствующего развитию вторичной пористости.

3. Низкая вторичная пористость пород фундамента Восточного крыла, вероятно, обусловлена и удалением от эпицентра олигоценового тектонического сжатия, являющегося главным фактором формирования вторичной трещиноватости.

4. Отсутствие зоны повышенной вторичной пористости в приповерхностной части фундамента Восточного крыла может быть связано со слабым влиянием гипергенных процессов, о чем говорит отсутствие коры выветривания.

Характер продуктивности коллекторов фундамента

Установлено [9], что *дебиты* скважин тесно связаны с *проницаемостью* (рис. 9) . Результаты сопоставления проницаемости (удельной продуктивности) коллекторов выделенных гидродинамических блоков (рис. 7) с пористостью, определенной по данным ГИС, следующие.

Центральный блок (158 определений дебитов по 24-м скважинам, рис. 9а):

1. Получены зависимости удельного дебита от общей и вторичной пористости достаточно высокой корреляции.

2. Нижнее граничное значение общей пористости коллекторов скважин Центрального блока, которое обеспечивает приток нефти, составляет 1,5%, а нижнее граничное значение вторичной пористости – 0,15%.

3. Зависимости удельного дебита от общей и вторичной пористостей имеют квазипараболический вид. Возможно, что именно параболическая

зависимость (в области $K_{п.об}$ › 2,5%) характерна для пород-коллекторов фундамента.

4. Значимые зависимости удельного дебита не только от вторичной пористости, но и от общей пористости, зависимости однотипные (квазипараболические) и достаточно высокой корреляции, подтверждают высокую однородность пород-коллекторов фундамента. В Центральном блоке распространен преимущественно один петротип – гранит (рис. 3).

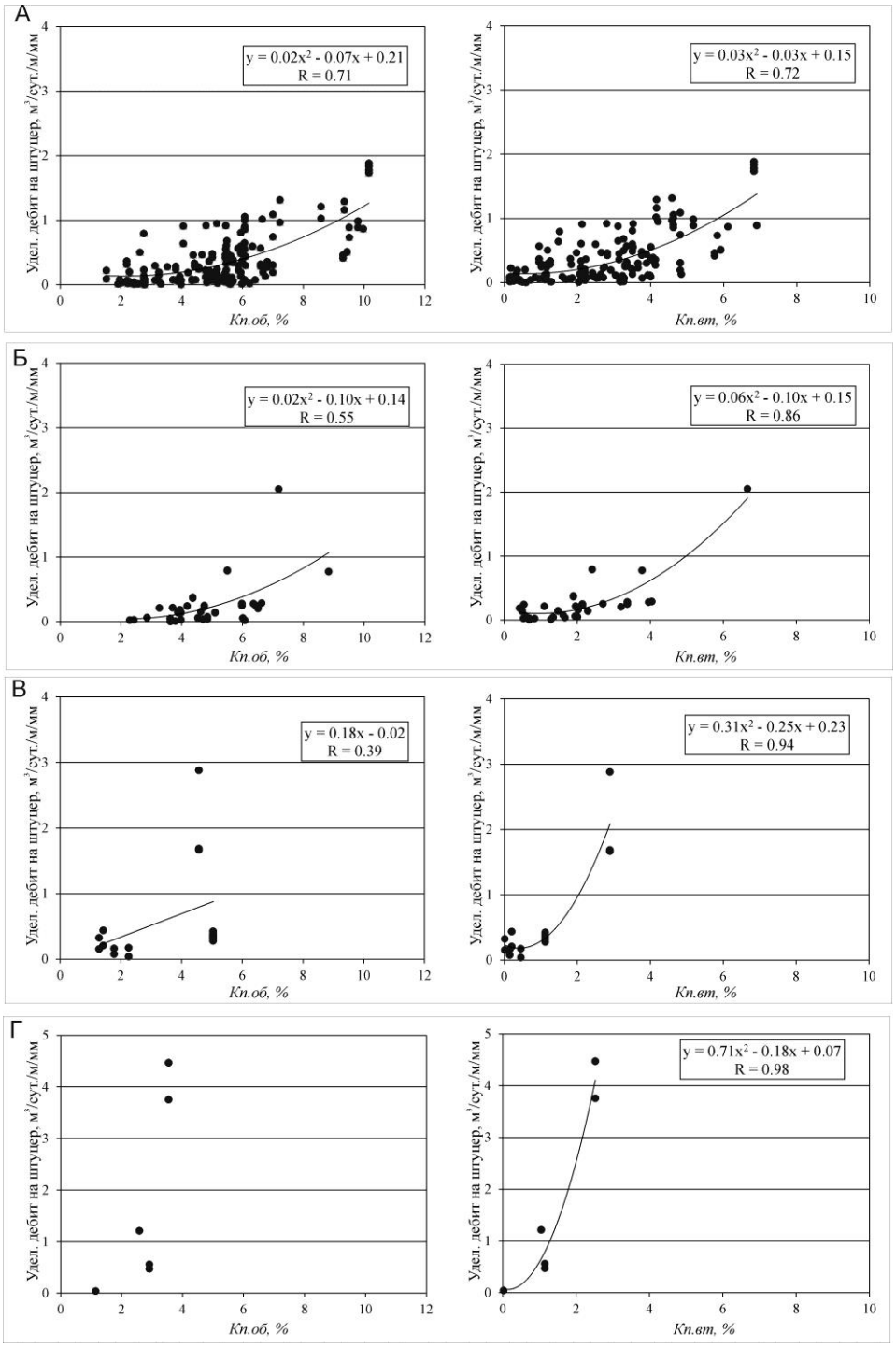


Рисунок 9 – Кросс-плоты и зависимости удельных дебитов (*G*) от пористости общей *($K_{п.об}$)* и пористости вторичной ($K_{пвт}$) работающих интервалов в породах кристаллического фундамента Центрального блока (А), Северного блока (Б), Южного блока (В) и Восточного крыля (Г) месторождения Белый Тигр.

Северный блок (40 определений дебитов по 7-ми скважинам, рис. 9б):

1. Зависимость удельного дебита от общей пористости имеет довольно низкий коэффициент корреляции, а зависимость удельного дебита от вторичной пористости выражена более четко.

2. Более выраженная зависимость удельного дебита от вторичной пористости, чем от общей пористости, указывает, вероятно, на то, что приток нефти получен, в основном, из динамической трещинно-кавернозной пористости.

3. Низкий коэффициент корреляции зависимости удельного дебита от общей пористости может быть обусловлен тем, что породы фундамента Северного блока сложены различными петротипами (рис. 3) и сильно подвергнуты вторичному изменению. Последнее вызывает образование разной доли остаточной пористости.

4. Нижнее граничное значение общей пористости пород Северного блока, которое обеспечивает приток нефти – 2,3%. По сравнению с Центральным блоком (1,5%), граничное значение для Северного блока значительно больше. Это также подтверждает более значительную переработку менее однородных пород Северного блока вторичными процессами.

5. Нижнее граничное значение вторичной пористости на приток пород-коллекторов Центрального блока составляет 0,15%, а Северного блока – значительно больше, 0,4%. Это, вероятно, также связано с большей неоднородностью пород фундамента Северного блока по петротипам, и, особенно, с наличием в их минеральном составе цеолита и кальцита, ухудшающих фильтрационные свойства.

Южный блок (17 определений дебитов по 2-м скважинам, рис. 9в):

1. Имеет место значимая зависимость удельного дебита от вторичной пористости. А с повышением общей пористости видна только тенденция увеличения удельного дебита.

2. Отсуствие зависимости удельного дебита от общей пористости можно объяснить сложностью и относительно небольшими величинами порового пространства пород-коллекторов Южного блока, что обусловлено пестротой петротипов (рис. 3).

3. Малое количество скважин, в которых проведено определение интервалов притока (всего 17 интервалов), влияют на достоверность построенной зависимости удельного дебита от вторичной пористости.

4. В Южном блоке имеются отдельные интервалы с высокой способностью давать притоки нефти. Здесь значение удельного дебита достигает 3 $м^3$/сут./м/мм, что возможно объясняется наличием отдельных высокопроводящих каналов нефти.

Восточное крыло (6 определений дебитов по 2-м скважинам, рис. 9г):

1. Хотя количество работающих интервалов скважин Восточного крыла очень мало (всего 6 интервалов), но все же можно наметить зависимость удельного дебита от вторичной пористости.

2. Значимую зависимость удельного дебита от общей пористости построить не удается.

3. Как в Южном блоке, так и в Восточном крыле имеются интервалы с высокой способностью давать притоки нефти. Здесь значение удельного дебита достигает 4,5 $м^3$/сут./м/мм. Возможно, что эти интервалы являются отдельными проводящимися каналами.

Выводы

Результаты исследования закономерностей и особенностей пористости и продуктивности трещинно-кавернозных пород-коллекторов кристаллического фундамента месторождения Белый Тигр позволяют сделать следующие выводы.

1. Изучение порового пространства пород-коллекторов методами ГИС основано, главным образом, на акустических и электрических характеристиках матричной пористости, трещин и каверн. Эти методы позволяют качественно и количественно оценивать пористость и проницаемость трещинно-кавернозных пород-коллекторов.

2. В результате районирования и изучения пористости пород-коллекторов по геологическим блокам выявлена устойчивая закономерность изменения (уменьшения) пористости с глубиной. Эта закономерность наблюдается по всем выделенным геологическим блокам.

3. Главным фактором, обуславливающим образование вторичной пористости в породах фундамента, является тектоническим, который с глубиной уменьшает свое влияние. Наибольшее влияние тектонического фактора сказывается на породах Центрального и Северного блоков, непосредственно прилегающих к эпицентру олигоценового тектонического сжатия.

4. Важным фактором, обуславливающим характер распределения пористости, является распределение петротипов пород, с чем связана направленность и интенсивность вторичных изменений пород-коллекторов.

5. Анализ взаимосвязи пористости пород фундамента с их петрографическим составом показал, что потенциально наиболее продуктивными породами, обладающими высокой приточностью, являются кислые породы – в основном граниты, а также гранодиориты.

Заключение

По выявленным закономерностям и характеру распределения пористости можно судить о степени перспективности каждого из 4-х блоков фундамента месторождения Белый Тигр. Блоки по степени перспективности ранжируются следующим образом.

Центральный блок имеет наиболее высокую перспективность по показателям значений вторичной пористости пород. Это обусловлено наиболее сильным влиянием тектонического фактора, наиболее благоприятным петротипом пород (граниты) и наиболее высоким гипсометрическим положением кровли фундамента.

Северный блок имеет высокое значение вторичной пористости пород. Это обусловлено наиболее сильным влиянием тектонического фактора и наиболее высоким гипсометрическим положением кровли фундамента.

Южный блок имеет невысокие значения пористости пород. Это обусловлено слабым влиянием тектонического фактора и достаточно высоким гипсометрическим положением кровли фундамента.

Восточное крыло имеет низкое значение вторичной пористости пород. Это обусловлено наиболее слабым влиянием тектонического фактора, и самым низким гипсометрическим положением кровли фундамента.

Для пород-коллекторов фундамента Центрального и Северного блоков установлены значимые зависимости удельного дебита от вторичной пористости, определяемой по данным каротажа. Зависимость для Центрального блока наиболее значимая, ее предлагается использовать для прогноза продуктивности пород-коллекторов фундамента Центрального блока. Зависимость удельного дебита от вторичной пористости можно вполне использовать в качестве прогностической в Северном блоке.

Результаты выявления особенностей и закономерностей пористости и продуктивности, наряду с тем, что они могут быть использованы в практике поисков, разведки и разработки месторождения Белый Тигр, ставит их в ряд *исследований фундаментальной геологии* [10]. Дело в том, что решение проблемы нефтегазоносности кристаллических пород может или кардинально подвинуть теорию нафтидогенеза в область эндогенного (мантийного) генезиса углеводородов, или же оставить процессам нефтегазообразования осадочную толщу литосферы, в классической трактовке осадочно-миграционной теории образования нефти. Подчеркнем, что наши исследования нефтегазовой геологии и геофизики месторождения Белый Тигр опирались на геологическую изученность региона и месторождения, на фактические геолого-геофизические данные, без привлечения той или иной концепции нафтидогенеза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нгуен Х.Б., Исаев В.И. Продуктивность магматических коллекторов месторождения Белый Тигр // Каротажник. – 2013. – № 9. – С. 64–76.

2. Серебренникова О.В., Ву В.Х., Савиных Ю.В., Красноярова Н.А. Генезис нефтей месторождения Белый Тигр (Вьетнам) по данным о составе насыщенных ациклических углеводородов // Известия ТПУ. – 2012. – Т. 320. – № 1. – С. 134–137.

3. Арешев Е.Г., Гаврилов В.П., Донг Ч.Л., Киреев Ф.А., Шан Н.Т. Модель геодинамического развития континентального шельфа юга СРВ // Нефтяное хозяйство. – 1996. – № 8. – С. 15–17.

4. Игнатова В.А. Сравнение геодинамических моделей и нефтегазоносности бассейнов Дальнего Востока России и Юго-Восточной Азии // Тихоокеанская геология. – 2010. – Т. 29. – № 2. – С. 27–42.

5. Ngô Thường San, Cù Minh Hoàng. Kiến tạo Mezo-Kainozoi và sự hình thành tầng chứa móng nứt nẻ bể Cửu Long. // Tạp chí dầu khí. – 2009. – Số 3. – Tr. 15–21.

6. Исаев В.И., Нгуен Х.Б. Пустотность нефтегазовых резервуаров кристаллического фундамента (по данным каротажа месторождения Белый Тигр) // Тихоокеанская геология. – 2013. – Т. 32 – № 4. – С. 14–23.

7. Чан Ле Донг, Чан Ван Хой, Фунг Дак Хай, Хоанг Ван Куи, Северинов Е.В., Иванов А.Н. Особенность геологии и разработки залежи фундамента месторождения Белый Тигр // Нефтяное хозяйство – 2006. – № 6. – С.24–26.

8. Нгуен Х.Б., Исаев В.И. Геофизические исследования скважин при изучении коллекторов в кристаллическом фундаменте месторождения Белый Тигр // Геофизический журнал. – 2013. – Т. 35. – № 3. – С. 131-145.

9. Нгуен Х.Б. Геофизические исследования скважин при изучении магматических коллекторов месторождения Белый Тигр // Известия ТПУ. – 2013. – Т. 323. – № 1. – С. 27–33.

10. Старостенко В.И., Лукин А.Е., Цветкова Т.А., Заец Л.Н., Донцов В.В., Савиных Ю.В. Об участии суперглубинных флюидов в нафтидогенезе (по данным изучения уникального нефтяного месторождения Белый Тигр) // Геофизический журнал. – 2011. – Т. 33. – № 4. – С. 3–32.

УДК 553.98 (571.1)

В.И. Исаев, Г.А. Лобова, Т.Е. Лунёва

НЕФТЕНОСНОСТЬ ПАЛЕОЗОЙСКОГО ФУНДАМЕНТА И КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ УСТЬ-ТЫМСКОЙ МЕГАВПАДИНЫ (ПО ДАННЫМ ГЕОТЕРМИИ И БУРЕНИЯ)

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

Постановка задачи

Расширение ресурсной базы углеводородов (УВ) Томской области возможно за счет новых земель на Правобережье Оби – территории Усть-Тымской мегавпадины. Здесь перспективы связываются с глубокозалегающими, в том числе с доюрскими резервуарами [1].

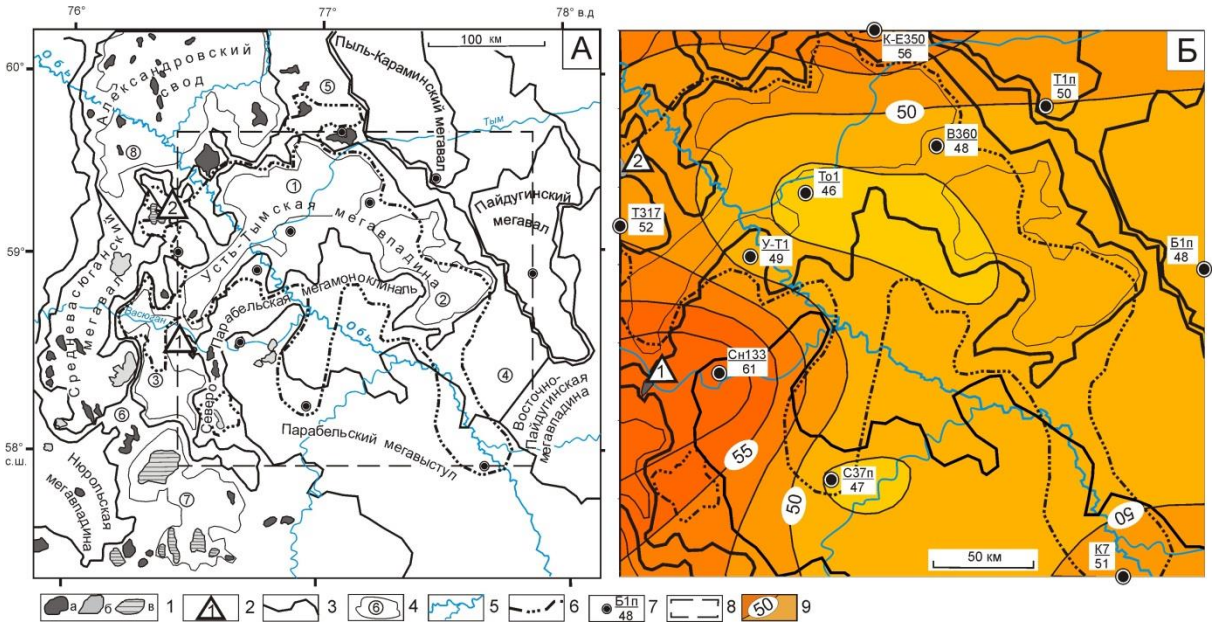


Рисунок 1 – Обзорная схема территории исследования (А) и схема распределения значений плотности теплового потока из доюрского основания (Б): *1* – месторождения: *а* – нефтяное, *б* – газовое, *в* – газоконденсатное; *2* – условный номер месторождения с залежами в доюрском НГК (1 – Ясное, 2 – Чкаловское); границы тектонических элементов: *3* – I порядка, *4* – II порядка и условный номер структуры; *5* – речная сеть; *6* – граница зоны распространения тогурской свиты; *7* – скважина палеотемпературного моделирования: в числителе условный индекс, в знаменателе – расчетное значение плотности теплового потока, мВт/м^2; *8* – контур территории построения прогнозных карт; *9* – изолинии значений расчетной плотности теплового потока, мВт/м^2. Структуры II порядка: 1 – Неготский мезопрогиб, 2 – Пыжинский мезопрогиб, 3 – Сампатский мезопрогиб, 4 – Зайкинская мезоседловина, 5 – Караминская мезоседловина, 6 – Шингинская мезоседловина, 7 – Пудинское мезоподнятие, 8 – Трайгородский мезовал.

Рассеянное органическое вещество смешанного типа в нижнеюрской тогурской свите является основным источником УВ для образования залежей в резервуарах коры выветривания и верхних толщ коренных пород фундамента [2]. Установлено, что вклад «юрского» источника для залежей в доюрском НГК, при определенных структурно-формационных условиях, достигает 98 % [3]. Тогурская свита картируется, в основном, в центральных и восточных частях мегавпадины (рис. 1А).

Ранее [4, 5], выполнены расчеты плотности теплового потока из основания осадочного разреза (рис. 1Б). На основе применения метода палеотемпературного моделирования для разрезов 10-ти представительных скважин и картирования по геотемпературному критерию палеоочагов генерации нефти, сделана оценка распределения плотности генерированных тогурских нефтей Усть-Тымской мегавпадины и структур её обрамления (рис. 2А).

Цель настоящих исследований – определить и предложить первоочередные участки для изучения и освоения резервуаров коры выветривания и внутреннего палеозоя, по данным редкой сети глубоких скважин с применением палеотемпературного моделирования.

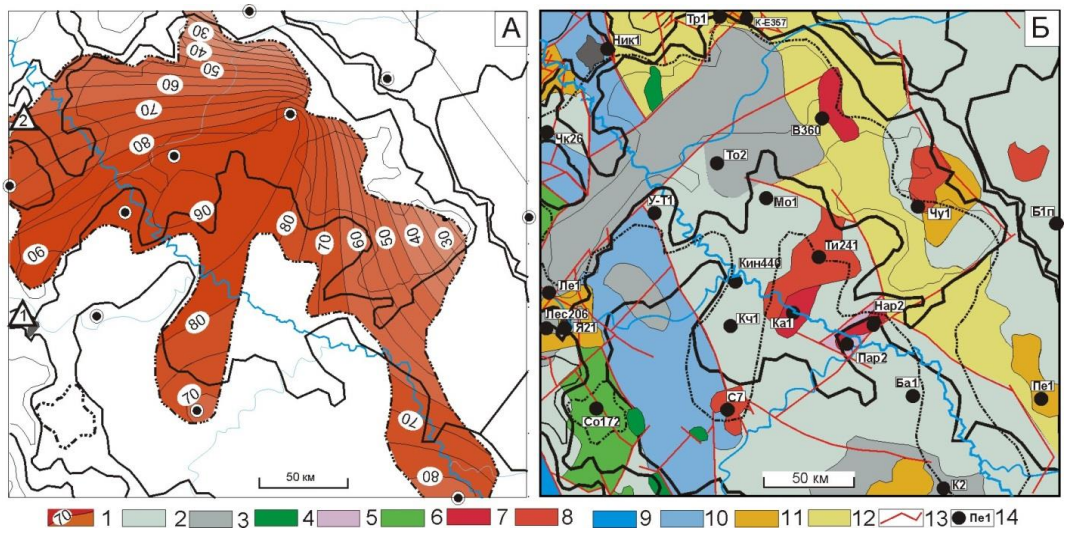


Рисунок 2 – Схематические карты распределения значений плотности генерированных тогурских нефтей (Б) и распространения петротипов пород фундамента и тектонических нарушений (Б) Усть-Тымской мегавпадины. К рисунку А: *1* – значения изолиний в усл. ед. К рисунку Б, фации комплексов пород фундамента: *4* – аспидная; *5* – базальтовая; *6* – базиты; *7* – глинисто-кремнистая; *8* – глинисто-сланцевая; *9* – гранодиориты; *10* – гранитоиды; *11* – карбонатная; *12* – терригенно-карбонатная; *13* – риолитовая; *14* – терригенная; *15* – тектонические нарушения; *16* – скважина, вскрывшая породы фундамента, ее условный индекс. Остальные обозначения те же, что на рис. 1.

Районирование палеозойского резервуара

Используя схему распространения петротипов пород фундамента и тектонических нарушений (рис. 2Б), выделены области пород фундамента с потенциально улучшенными ФЕС, потенциально средними ФЕС и с потенциально неблагоприятными ФЕС (рис. 3А). Затем, с учетом интенсивности разрывной тектоники в фундаменте, определены зоны коллекторов с лучшими, хорошими и удовлетворительными ФЕС. Сопоставлением зон коллекторов лучших, хороших и удовлетворительных ФЕС с распределением значений плотности генерированных тогурских нефтей, выделены и проранжированы четыре перспективных участка (рис. 3Б).

На *1-м участке* прямого подтверждения нефтегазоности нет из-за отсутствия фактического материала. *2-ой участок* протягивается вдоль северо-восточного борта Усть-Тымской мегавпадины. Здесь, в скважине 360 Вертолетной (В360), палеозойские породы вскрыты, но не испытывались на продуктивность. На *3-м участке,* занимающем территорию у южного вреза

Северо-Парабельской мегамоноклинали и сопредельную часть Парабельского мегавыступа, имеются данные по скважине 37 Сенькинской (С37п), при испытании которой притока практически не получено. Прямое подтверждение прогноза получено лишь на 4-м *участке*, где палеозойские отложения в скважине Чкаловская 26 оказались продуктивными.

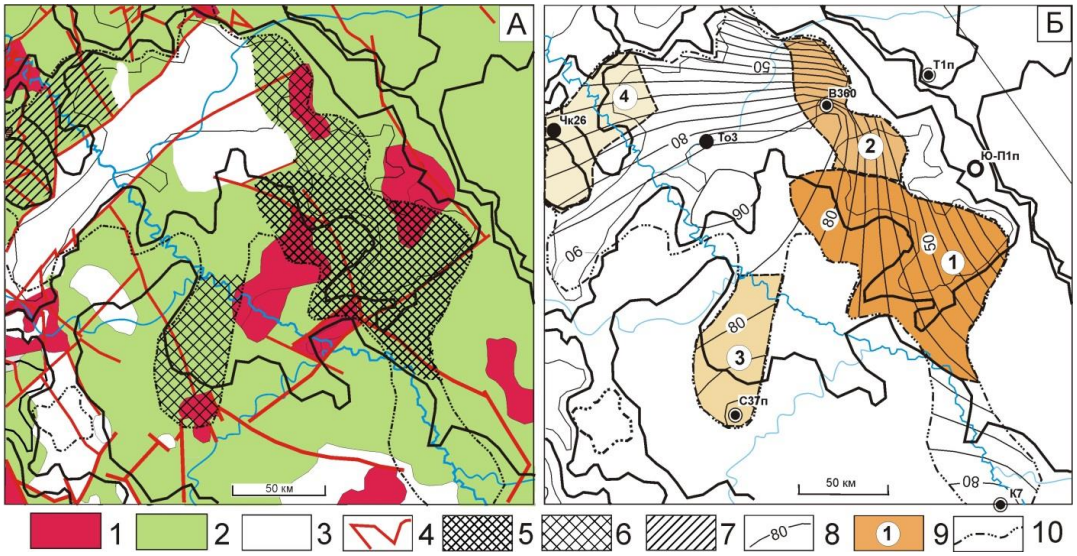


Рисунок 3 – Схема распределения петротипов пород, тектонических нарушений и качества коллекторов в палеозойском фундаменте (А) и схема выделения первоочередных участков для поисков залежей углеводородов в палеозойском резервуаре (Б) Усть-Тымской мегавпадины. К рисунку А: *1*– область петротипов пород с потенциально улучшенными ФЕС; *2* – область петротипов пород с потенциально средними ФЕС; *3* – область петротипов пород с потенциально неблагоприятными ФЕС; *4* – тектонические нарушения; *5* – зона коллекторов с лучшими ФЕС; *6* – зона коллекторов с хорошими ФЕС; *7* – зона коллекторов с удовлетворительными ФЕС. К рисунку Б: *8* – изолинии значений плотности генерированных тогурских нефтей, усл. ед.; *9* – перспективный участок, номер ранжирования (интенсивность закраски площади участка пропорциональна степени перспективности участка); *10* – граница распространения нефтематеринской тогурской свиты. Остальные условные обозначения те же, что на рис. 1 и 2.

Как подтверждение прогноза, можно отметить, что отложения палеозоя, вскрытые скважинами Тымская 1 (Т1п) и Южно-Пыжинская 1 (Ю-П1п) за пределами распространения тогурской нефтематеринской свиты, оказались водоносны или без притока. Таким образом, условный расчетный уровень достоверности прогноза и данных бурения отложений фундамента составил 67%.

Характеристика вещественного состава коры выветривания

На схематической карте (рис. 4А), построенной по вскрытым толщинам, отмечается неравномерное площадное распространение отложений кор

выветривания. От максимальных значений на периферии к центру территории исследований идет уменьшение толщин до полного выклинивания.

Выход на поверхность гетерогенных и полифациальных пород фундамента предопределяют образование разнообразных профилей кор выветривания, которые, в свою очередь, в различной степени обладают коллекторскими свойствами (рис. 4Б). Таким образом, зоны выхода глинисто-кремнистых и магматических пород кислого состава на поверхность фундамента являются зонами распространения улучшенных коллекторов.

Районирование резервуара зоны контакта

С учетом распределения плотности ресурсов генерированной тогурской нефти (рис. 2А) и распределения толщин коры выветривания (рис. 4А) построена схема распределения плотности тогурских нефтей с учетом качества коллекторов в резервуаре коры выветривания. Районирование проведено с учетом следующих факторов: плотность ресурсов генерированных тогурских нефтей, улучшенные ФЕС коллекторов и их мощность.

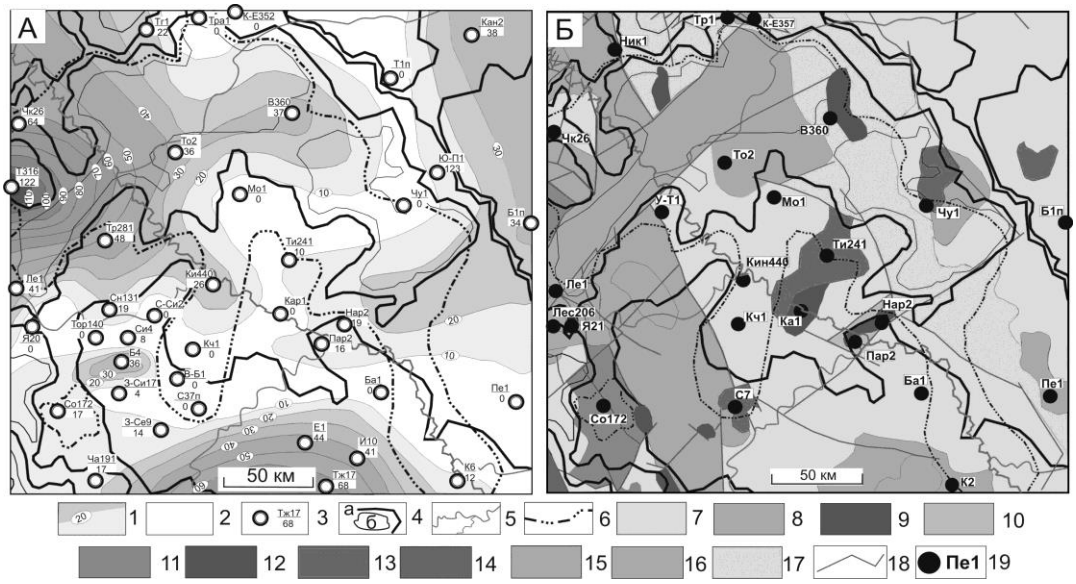


Рисунок 4 – Схематические карты распространения пород коры выветривания (А) и распространения петротипов пород фундамента (Б) Усть-Тымской мегавпадины. К рисунку А: *1* – изопахиты отложений коры; *2* – зона отсутствия коры выветривания; *3* – скважина, использованная для построения карты изопахит: в числителе условный индекс, в знаменателе – мощность коры; *4* – структуры I (а) и II (б) порядка; *5* – речная сеть; *6* – граница зоны распространения тогурской свиты. К рисунку Б, фации комплексов пород фундамента – *7-17*: *7* – аспидная; *8* – базальтовая; *9* – базиты; *10* – глинисто-кремнистая; *11* – глинисто-сланцевая; *12* – гранодиориты; *13* – гранитоиды; *14* – карбонатная; *15* – терригенно-карбонатная; *16* – риолитовая; *17* – терригенная; *18* – тектонические нарушения; *19* – скважина, вскрывшая породы фундамента, ее условный индекс.

На рис. 5А видно, что район с наибольшей плотностью аккумулированных ресурсов протягивается широкой полосой с запада на восток, охватывая южные склоны Трайгородского мезавала, западную и центральную части Неготского мезопрогиба, северо-западный локальный участок Северо-Парабельской мегамоноклинали и, затем, значительно сужаясь, охватывает юго-восточный борт Неготского мезопрогиба и прилегающую зону сочленения с Пыжинским мезопрогибом и северным склоном Северо-Парабельской мегамоноклинали.

Наибольший интерес в отношении перспектив нефтегазоносности (рис. 5Б) представляет *участок 1*, который объединяет земли северо-восточного борта Усть-Тымской мегавпадины. В пределах этого участка расположена скважина Вертолетная 360 (В360), при бурении которой были вскрыты доюрские породы, но испытание на продуктивность в этой части разреза не проводилось

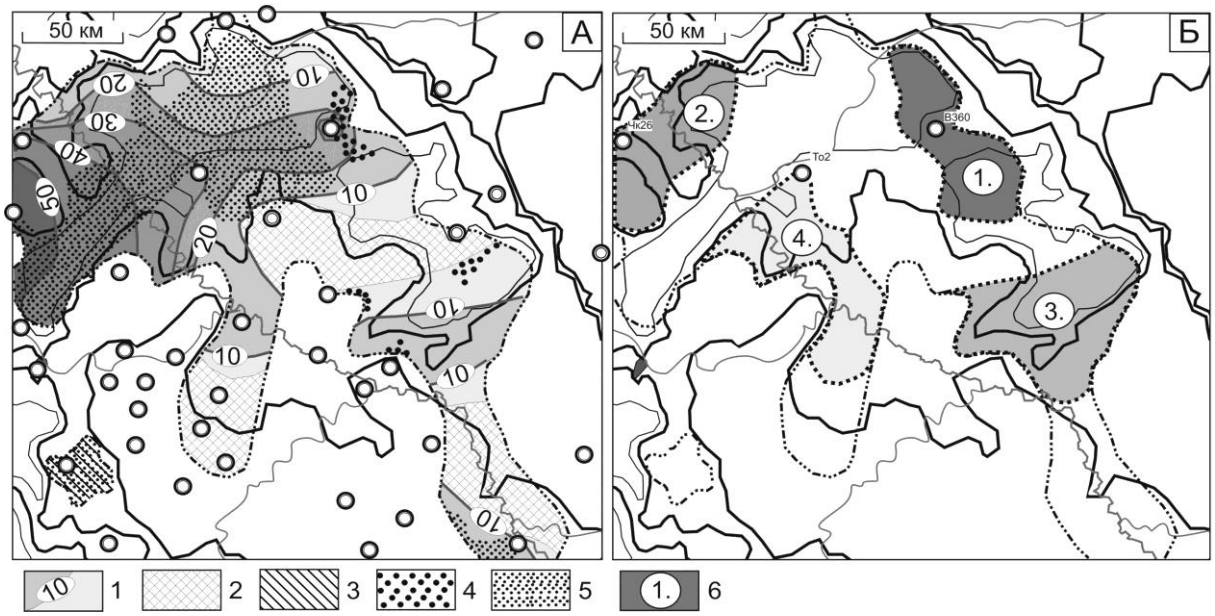


Рисунок 5 – Схема соотношения распределения плотности генерированных тогурских нефтей и качества коллекторов в резервуаре коры выветривания (А) и схема выделения первоочередных участков для поисков залежей углеводородов в отложениях коры выветривания (Б) Усть-Тымской мегавпадины. К рисунку А: *1* – изолинии плотности ресурсов генерированных нефтей, усл. ед.; *2* – зона отсутствия коры выветривания в пределах распространения тогурской свиты; *3* – зона отсутствия оценки плотности генерированных тогурских нефтей; *4* – зона коллекторов коры выветривания с улучшенными ФЕС; *5* – зоны коллекторов коры выветривания с неблагоприятными ФЕС. К рисунку Б: *6* – перспективный участок, номер ранжирования. Интенсивность закраски площади участка пропорциональна степени перспективности земель.

Северный борт Неготского мезопрогиба и зона его сочленения с восточным склоном Трайгородского мезовала – перспективный *участок 2*. При «среднем» качестве коллектора на этом участке отмечается высокое значение плотности ресурсов тогурских нефтей, а полученный приток УВ из интервала коры выветривания при испытании в скв. 26 Чкаловского месторождения (Чк26) подтверждает высокую перспективность этого участка.

Перспектиный *участок 3* тектонически приурочен к южному борту Пыжинского мезопрогиба. Однако о прямых признаках нефтенасыщения разреза на этом участке сведений в настоящее время нет.

Локальный *участок 4, расположен* в центральной части Северо-Парабельской мегамоноклинали и сопредельном южном врезе Усть-Тымской мегавпадины. При бурении скв. Толпаровская 2 (То2) из интервала коры выветривания был поднят керн с признаками нефтенасыщения, что подтверждает перспективность этого участка.

Можно отметить, что резервуар коры выветривания, вскрытый в разрезе скважины Никольская 3 за пределами распространения нефтематеринской тогурской свиты, водоносен.

Выводы

1. По результатам бурения редкой сети скважин, вскрывших доюрские отложения, и моделирования термической истории тогурских нефтематеринских отложений определены первоочередные районы и участки для изучения и освоения резервуара коры выветривания и палеозойского резервуара Усть-Тымской мегавпадины.
2. В качестве первоочередного района поисков залежей нефти в палеозойском резервуаре выделен и предложен перспективный участок, объединяющий земли северо-восточного склона Северо-Парабельской мегамоноклинали и примыкающей южной части Пыжинского мезопрогиба.
3. В качестве первоочередного района поисков залежей нефти в резервуаре коры выветривания выделяется перспективная зона северо-восточного борта Усть-Тымской мегавпадины. Эта зона сочетает высокую плотность ресурсов тогурских нефтей и улучшенные фильтрационно-емкостные свойства коллекторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ростовцев В.Н., Резник С.Н. Юрский комплекс Чулым-Тымского междуречья – перспективный объект для поисков нефти и газа в Правобережье Оби Томской области – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2004. – 164 с.
2. Фомин А.Н. Катагенез органического вещества и нефтегазоносность мезозойских и палеозойских отложений Западно-Сибирского мегабассейна. – Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 2011. – 331 с.

3. Исаев В.И. О генезисе залежей нефти и стратегии их поисков в доюрском основании центральной части Западной Сибири (на примере Красноленинского свода) // Вестник РАЕН (ЗСО). – 2013. – вып. 15. – С. 89-95.
4. Исаев В.И. Термическая история и локализация прогнозных ресурсов нефти юрско-меловых НГК Усть-Тымской мегавпадины // Вестник РАЕН (ЗСО). – 2012. – Вып. 14. – С. 69-78.
5. Лобова Г.А. Нефтегазоносность Усть-Тымской мегавпадины // Геофизический журнал. – 2013. – Т. 35. – № 4 – С. 28–39.

УДК 553.98 (571.1)

В.И. Исаев, Л.В. Илларионова, О.С. Исаева, М.С. Кокорина

СЛАНЦЕВАЯ НЕФТЕНОСНОСТЬ БАЖЕНОВСКОЙ СВИТЫ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

Введение

К настоящему времени выполнены оценки ресурсов от 3296 млрд. т остаточной нефти в нефтематеринских свитах до 46 млрд. т технически извлекаемой этой нефти. В последние годы такой тип залежей нефти (аккумулированной in situ) получил название «сланцевая нефть» [1]. Нефтематеринские формации до последнего времени, за исключением баженовской свиты Западной Сибири, не выступали в качестве объекта поисковых работ.

На сегодняшний день в Томской области только две нефтедобывающие компании, получившие притоки из «бажена», поставили на баланс перспективные запасы углеводородного сырья по пласту Ю0 – ООО «Томская нефть», Федюшкинское месторождение и ООО «Норд Империал», Снежное месторождение.

Системный подход к сланцевым резервуарам, как к нефтегазоперспективным объектам, находится в стадии разработки. Здесь комплекс проблем, начиная от изучения, типизации сложнопостроеннных коллекторов и прогнозного районирования нефтематеринской формации с точки зрения ранжирования зон и участков по степени перспективности.

Вместе с тем, ключевым фактором, детализирующим характеристику сланцевой формации является время действия и температурный режим «главной фазы нефтеобразования» (ГФН) (Вассоевич, 1967), «нефтяного окна» (Connan, 1974). Говоря на языке поисков, основные объемы аккумулированной in situ нефти локализуются там, где материнские отложения

находятся/находились в «главной зоне нефтеобразования» (ГЗН) (Конторович, Парпарова, Трушков, 1967) и от температур ГЗН.

Цель настоящего сообщения – продемонстрировать результаты районирования баженовской свиты (bgJ3tt) Нюрольской и Усть-Тымской мегавпадин по плотности ресурсов сланцевой (аккумулированной in situ) нефти. Районирование базируется на методе палеотемпературного моделирования, который органически вписывается в методологию учения о ГФН и пороговых температурах вхождения материнских отложений в ГЗН.

Методика районирования

Применен метод палеотемпературного моделирования [2], основанный на численном решении уравнения теплопроводности неоднородно-слоистого твердого тела с подвижной верхней границей. Метод позволяет на первом этапе по распределению «наблюденных» температур в скважине рассчитать тепловой поток через поверхность основания осадочного чехла, т. е. решить обратную задача геотермии. На втором этапе с известным значением теплового потока решаются прямые задачи геотермии – непосредственно рассчитываются геотемпературы в любых заданных точках осадочной толщи (включая отложения материнских свит) в любые заданные моменты геологического времени.

По геотемпературному критерию [3] выделяются очаги интенсивной генерации нефтей материнской свитой.

Далее для отложений материнской свиты рассчитывается интегральный показатель плотности ресурсов генерированных нефтей (R, усл. ед.) по формуле [4]:

$$R=\sum_{i=1}^{n}(U_i t_i \cdot 10^{-2}),$$

где Ui – расчетная геотемпература очага генерации нефти (ГЗН), оС; ti – интервальное время действия очага – нахождения материнских отложений в ГЗН, млн. лет; количество временных интервалов n определено числом интервалов геологического времени нахождения материнских отложений в ГЗН. Оценка плотности ресурсов выполняется в условных (относительных) единицах, что представляется корректным для последующего площадного районирования.

Районирование Нюрольской мегавпадины

На рис. 1Б приведена схематическая карта распределения расчетных значений плотности теплового потока из основания осадочного чехла. Карта построена путем интерполяции значений теплового потока, полученного решением обратной задачи геотермии в моделях распространения тепла 39-и глубоких скважин (рис. 1А).

На втором этапе исследований в моделях восстановлена термическая история баженовских отложений на моменты начала и завершения формирования 21-й свиты, вскрытых в разрезах скважин. По геотемпературному критерию выделены очаги интенсивной генерации баженовских нефтей. Учитывая, что РОВ баженовской свиты сапропелевого

типа, пороговая температура, определяющая границу очага генерации нефтей, принята 85 оС.

Путем интерполяции расчетного показателя R построена схематическая карта распределения относительной плотности ресурсов генерированных баженовских нефтей (рис. 2А). Результаты районирования Нюрольской мегавпадины по плотности ресурсов сланцевой (аккумулированной in situ) баженовской нефти приведены на рис. 2Б.

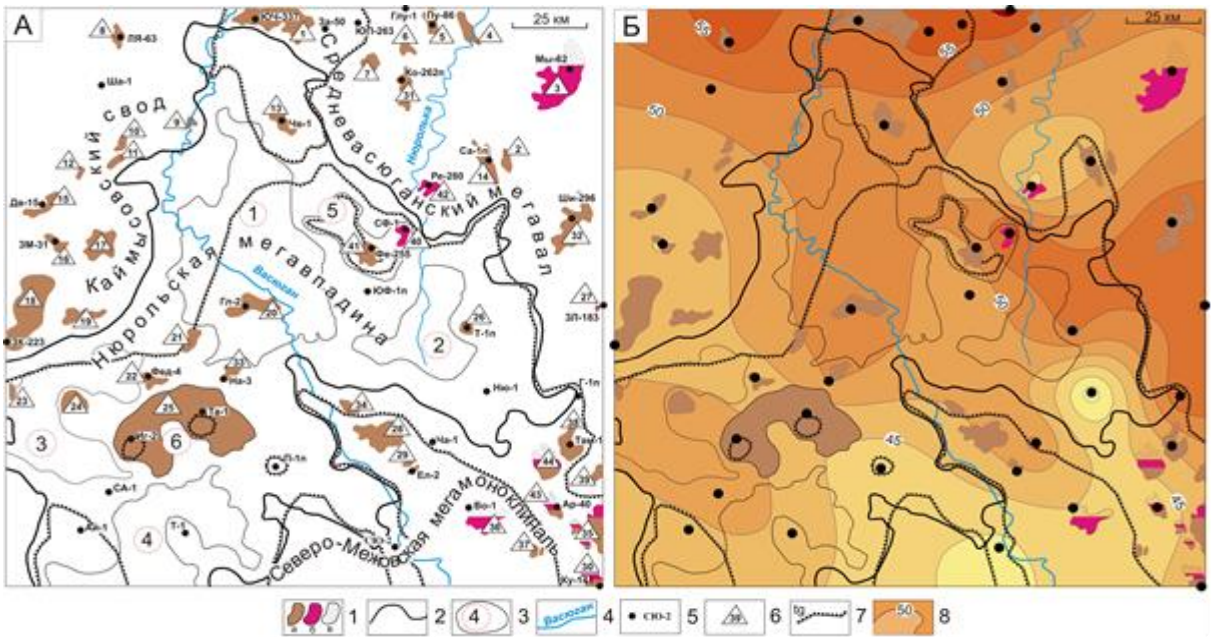


Рисунок 1 – Схема нефтегазоносности (А) и схематическая карта [5] распределения расчетных значений плотности теплового потока из основания (Б) Нюрольской мегавпадины, на тектонической основе (Конторович, 2002): 1 – месторождения: а – нефтяное, б – конденсатное, в – газовое; 2 – граница мегавпадины; 3 – структура III порядка и её номер: 1 – Кулан-Игайская впадина, 2 – Тамрадская впадина, 3 – Осевой прогиб, 4 – Тамянский прогиб, 5 – Фестивальный вал, 6 – Игольско-Таловое куполовидное поднятие; 4 – речная сеть; 5 – исследуемая скважина и её условный индекс; 6 – условный номер месторождения (2 – Федюшкинское); 7 – граница зоны распространения тогурской свиты; 8 – значения изолиний плотности теплового потока, мВт/м2

Наиболее перспективными землями территории исследований на сланцевую нефть являются южные части Кулан-Игайской впадины и Фестивального вала, Тамратская впадина и обрамляющие восточную часть Нюрольской мегавпадины положительные структуры. Здесь максимальная плотность ресурсов генерированных баженовских нефтей. В северной части территории, где разрабатывается Южно-Черемшанское месторождение нефти (рис. 1А, номер 1), отмечается повышенная плотность ресурсов генерированных баженовских нефтей.

Центральная часть депрессии с выявленными очагами интенсивной генерации баженовских нефтей слабо изучена глубоким бурением. Здесь

северная часть Тамратской впадины и южная часть Кулан-Игайской впадины могут быть рекомендованы для постановки геологоразведочных работ на сланцевую нефть баженовской свиты.

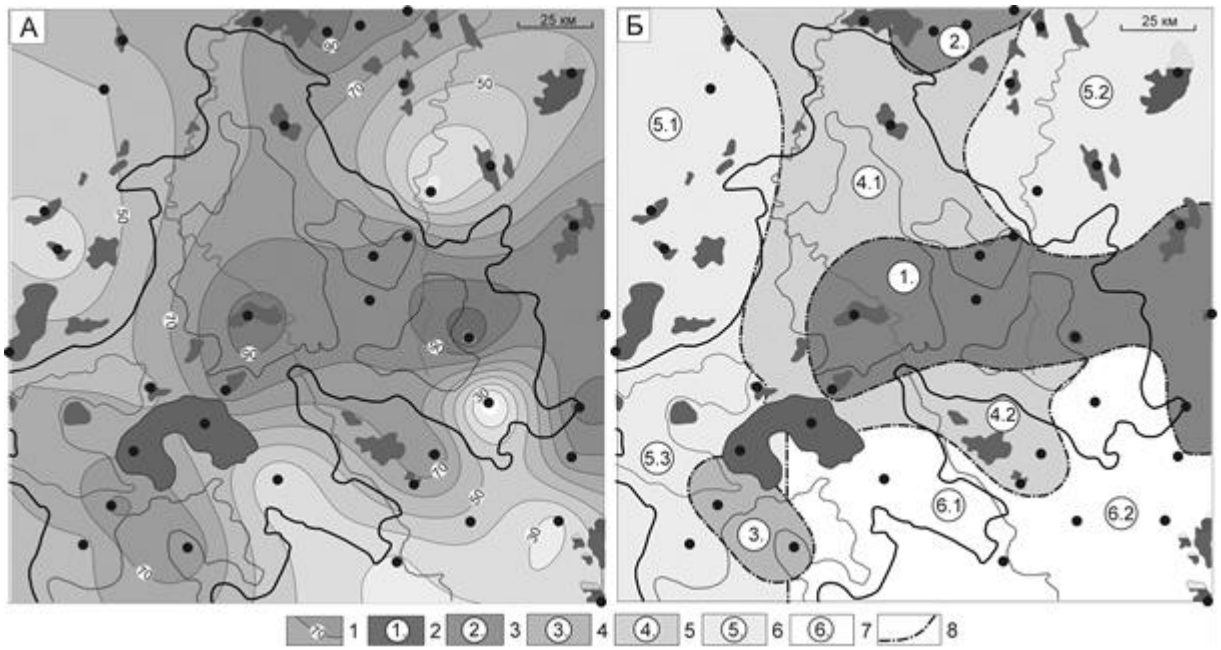


Рисунок 2 – Схематическая карта [5] распределения относительной плотности ресурсов генерированных баженовских нефтей (А) и схема районирования сланцевой нефтегазоносности (Б) Нюрольской мегавпадины: 1 – изолинии значений показателя R, усл. ед.; 2–7 районы (номер ранжирования по степени перспективности, диапазон значений R): 1. – 780-100, 2. – 80-90, 3. – 70-80, 4. – 60-70, 5. – 40-60, 6. – 30-60; 8 – границы районов. Остальные условные обозначения те же, что на рис. 1

Районирование Усть-Тымской мегавпадины

Верхнеюрской нефтематеринской свитой в западной части территории выступает баженовская свита, на востоке ее временной аналог – марьяновская. Между границами распространения этих свит выделяется зона с переходными условиями седиментации. Пороговые температуры, определяющие границу очага генерации нефти (ГЗН): породы баженовской свиты – 85 °С; породы переходной зоны – 90 °С; породы марьяновской свиты – 95 °С.

На рис. 3 приведена схематическая карта распределения относительной плотности ресурсов генерированных баженовских нефтей, построенная путем интерполяции значений расчетного показателя R для разрезов 10 представительных скважин.

Из рис. 3 видно, что наиболее перспективными зонами на сланцевую нефть являются северо-западная, северная и юго-западная части Усть-Тымской мегавпадины и обрамляющие здесь ее структуры.

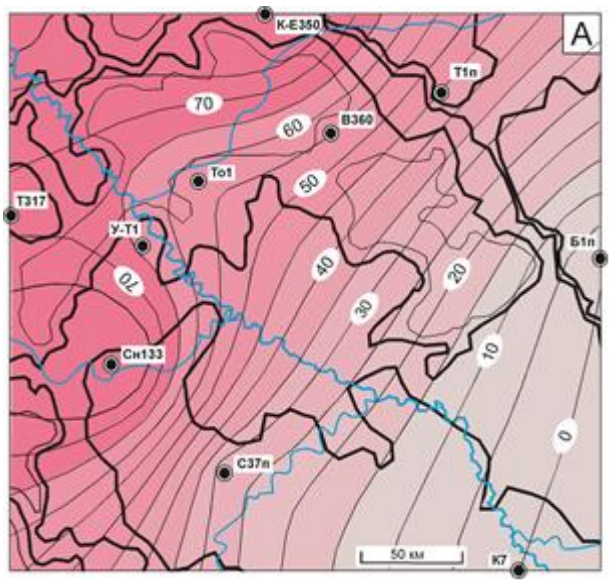


Рисунок 3 – Схематическая карта [6] распределения плотности ресурсов генерированных баженовских нефтей в Усть-Тымской мегавпадине. Значения изолиний в величине интегрального показателя R, усл. ед. Показано положение скважин (и их условный номер) для разрезов которых выполнено палеотемпературное моделировании: Сн133 – Снежная 133

Максимальная прогнозируемая плотность ресурсов генерированных нефтей локализуется в зоне сочленения Сампатского мезопрогиба, Парабельского мегавыступа и Усть-Тымской мегавпадины. Подтверждением прогноза для этой зоны является тот факт, что в 2014 году в пределах Снежного месторождения нефтедобывающей компанией ООО «Норд Империал» в двух скважинах из баженоской свиты получены притоки нефти порядка 2 т [7].

Сопоставление прогнозного районирования с прямыми признаками нефтеносности баженовской свиты

Известно, что прямые признаки нефтеносности являются важным критерием при выборе/заверки первоочередных зон и площадей поисков. В этой связи и представлена настоящая сводка, подготовленная по материалам Томского территориального геологического фонда.

Как уже отмечалось выше, на Федюшкинском месторождение пласт Ю0 испытан в открытом стволе скважины №7 в 1986 г. в интервале 2765–2790 м: получен приток нефти 4,6 м3/сут, пластовая температура 91 °С (Тищенко В.М., 1985; Тищенко В.М., Черкашина К.Я., 1989; Волков В.И., 2002). На Снежном месторождении непроницаемые породы баженовской свиты в 2014 г. вскрыты 2-мя наклонно-направленными скважинами: в результате проведения ГРП получен приток по 2 т нефти в каждой скважине [7].

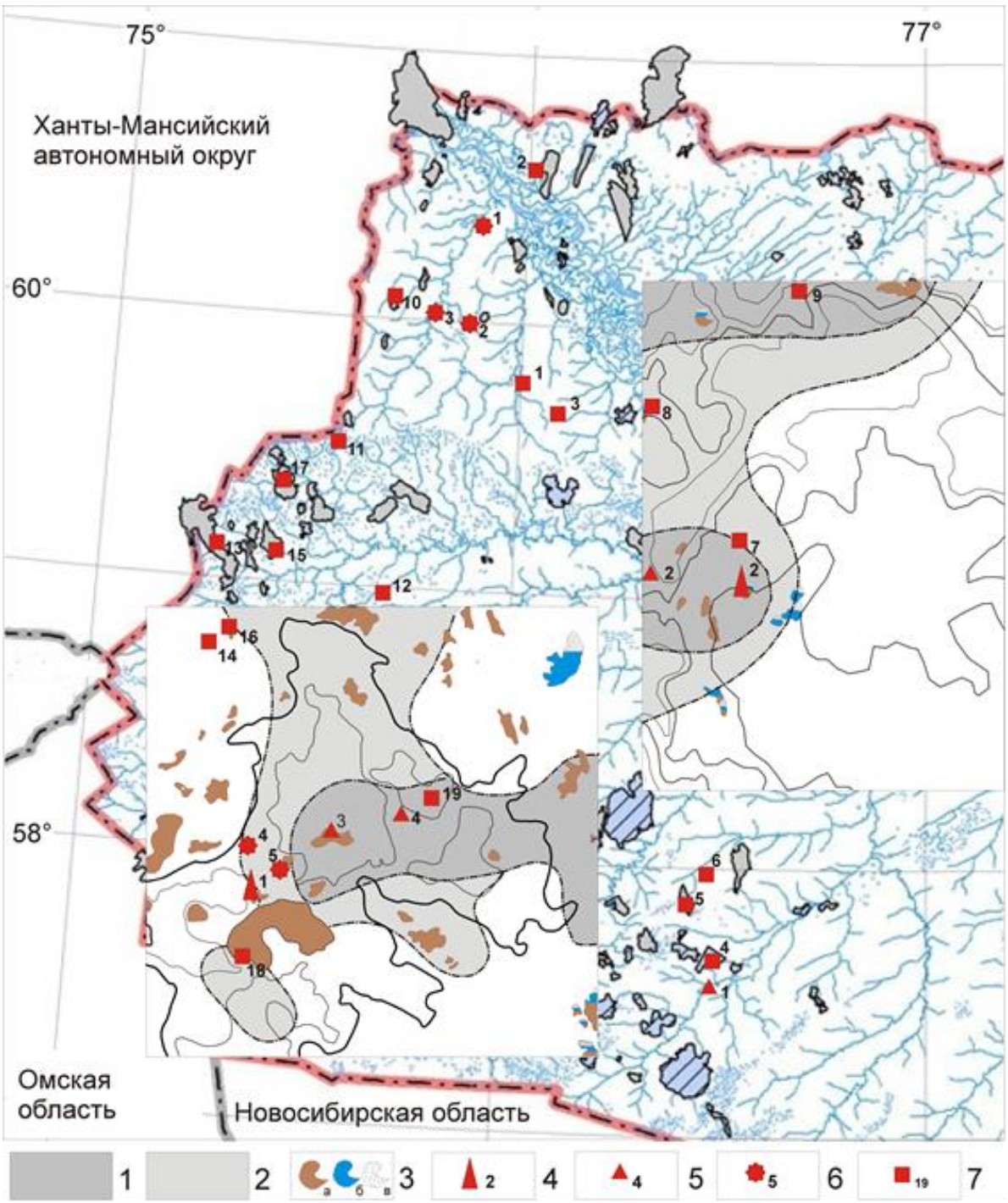


Рисунок 4 – Положение месторождений и площадей с прямыми признаками нефтеносности баженовской свиты Томской области. На врезках показаны территории прогнозных исследований – Нюрольская мегавпадина и структуры ее обрамления, Усть-Тымская мегавпадина и структуры ее обрамления: 1 – прогнозные зоны высоких перспектив на сланцевую нефть баженовской свиты; 2 – прогнозные зоны средних перспектив; 3 – месторождения с залежами в мезозойско-кайнозойском разрезе (а – нефтяная; б – конденсатная; в – газовая). Прямые признаки нефтеносности баженовской свиты: 4 – месторождение (пласт Ю0), его условный номер (1 – Федюшкинское, 2 – Снежное); 5 – признак при испытании; 6 – признаки по керну и при испытании; 7 – признак по керну.

Признаки нефтеносности баженовской свиты на территории Томской области установлены по результатам испытаний 4-х глубоких скважин, по керну и испытаниям 5-ти глубоких скважин, по первичному описанию керна – в 19-ти глубоких скважинах.

На рис.4 дана сводная информация по размещению площадей поискового и разведочного бурения, в пределах которых скважины вскрыли баженовскую свиту с признаками нефтеносности. Здесь же выполнено сопоставление размещения этих площадей и прогнозных зон высоких перспектив баженовской свиты на «сланцевую нефть». Из сопоставления следует, что согласованность прогнозных зон высоких и средних перспектив на сланцевую нефть составляет для территории Нюрольская мегавпадина и структур ее обрамления – не менее 80%, для территории Усть-Тымской мегавпадины и структур ее обрамления – 100%.

Заключение

На основе реконструкции термической истории баженовских отложений впервые выполнено районирование мегавпадин Томской области и выделены перспективные зоны для поисков сланцевой нефти.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прищепа О.М., Суханова А.А., Макарова И.Р. Методика определения зрелости сапропелевого органического вещества в доманикитах и оценка их углеводородных ресурсов // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2015. – № 7. – С. 4–8.
2. Исаев В.И. Интерпретация данных гравиметрии и геотермии при прогнозировании и поисках нефти и газа. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 172 с.
3. Бурштейн Л.М., Жидкова Л.В., Конторович А.Э., Меленевский В.Н. Модель катагенеза органического вещества (на примере баженовской свиты) // Геология и геофизика. – 1997. – Т. 38. – № 6. – С. 1070–1078.
4. Лобова Г.А., Попов С.А., Фомин А.Н. Локализация прогнозных ресурсов нефти юрско-меловых НГК Усть-Тымской мегавпадины // Нефтяное хозяйство. – 2013. – № 2. – С. 36–40.
5. Осипова Е.Н., Исаева О.С., Исаев В.И. Моделирование очагов генерации нефти и распределения ресурсов ачимовских клиноформ Нюрольской мегавпадины // Геоинформатика. – 2014. – № 2. – С. 29–34.
6. Исаев В.И. Термическая история и локализация прогнозных ресурсов нефти юрско-меловых НГК Усть-Тымской мегавпадины // Вестник РАЕН (ЗСО). – 2012. – Вып. 14. – С. 69-78.
7. Каратаев А. Сегодня компания способна внедрять новые технологии своими силами // Недра и ТЭК Сибири. – 2015. – № 9 – С. 8–9.

УДК 538.982.23.05

УДК 538.982.23.05

И.Г. Ященко, Ю.М. Полищук

ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫЕ НЕФТИ И АНАЛИЗ ИХ СВОЙСТВ НА ОСНОВЕ КЛАССИФИКАЦИИ ПО КАЧЕСТВУ НЕФТИ

Институт химии нефти Сибирского отделения Российской академии наук, г. Томск

На основе анализа и обобщения литературных данных представлена типизация трудноизвлекаемых нефтей, рассматриваемых в качестве основной базы прироста мировой нефтедобычи в среднесрочной перспективе ввиду истощения запасов легкодоступных нефтей. Рассмотрена классификация типов трудноизвлекаемых нефтей по индексу качества. Изучена география залегания трудноизвлекаемых нефтей разных классов качества – от низкого до высокого. Приведена для иллюстрации карта-схема планетарного размещения трудноизвлекаемых нефтей высокого качества.

Введение

Рост в последние годы объемов добычи труднодоступных нефтей создает различные технологические и экономические проблемы их добычи, транспортировки и переработки. Включение в разработку трудноизвлекаемых запасов нефтей с высокими плотностью и вязкостью, с высоким содержанием серы, парафинов, смол, тяжелых металлов не только ухудшает химико-технологические параметры нефтяного сырья, но и усиливает негативное влияние на окружающую среду, увеличивая экологические издержки территорий. Расширение в последние годы объемов переработки рассматриваемых нефтей, трудноизвлекаемость которых определяется не только аномальными свойствами нефтяного сырья, но и осложненными геологическими условиями залегания, вызывает необходимость изучения качественных особенностей трудноизвлекаемых нефтей (ТИН). Некоторые особенности физико-химических свойств трудноизвлекаемых нефтей и условий их залегания рассмотрены в [1]. Однако качественные показатели таких нефтей изучены недостаточно, что затрудняет решение как проблем нефтедобычи и транспортировки углеводородного сырья, так и технологических проблем нефтехимии и нефтепереработки в условиях роста в последние годы объемов добычи трудноизвлекаемых запасов. В связи с этим целью настоящей работы явилось проведение анализа качественных показателей различных типов трудноизвлекаемых нефтей с использованием их классификации по качеству.

Типизация трудноизвлекаемых нефтей

Наиболее обоснованный подход к определению понятия трудноизвлекаемых запасов был предложен Халимовым Э.М. в 1987 году, на

основе которого Лисовским Н.Н. и Халимовым Э.М. [2] сформулированы основные принципы и критерии отнесения запасов нефти к трудноизвлекаемым. На основе обобщения этих критериев и с учетом предложений других специалистов введем в рассмотрение перечень основных типов трудноизвлекаемых нефтей, согласно которому к трудноизвлекаемым можно относить нефти с ниже перечисленными свойствами и условиями залегания:

1) с аномальными физико-химическими свойствами (высокие вязкость и плотность, высокое содержание парафинов, смол и асфальтенов);

2) заключенные в водонефтяных и газонефтяных зонах;

3) с высокой газонасыщенностью (более 500 $м^3$/т) или низкой газонасыщенностью (менее 200 $м^3$/т), либо при наличии в растворенном и/или свободном газе агрессивных компонентов (сероводород, углекислота) в количествах, требующих применения специального оборудования при бурении скважин и добыче нефти;

4) залегающих на больших глубинах (более 4500 м);

5) с пластовой температурой 100 °С и выше либо менее 20 °С (из-за низкой разницы между пластовой температурой и температурой застывания парафина и смол);

6) с высокой степенью обводненности продукции (до 75 - 80 %);

7) заключенные в слабопроницаемых (проницаемость менее 0,05 $мкм^2$) и низкопористых (пористость менее 8 %) коллекторах;

8) залегающие на территории распространения многолетнемерзлых пород глубиной более 100 м.

Согласно [2 - 5], к трудноизвлекаемым относятся запасы нефтей, представленные малоподвижной нефтью (в частности, с высокими вязкостью или плотностью и высоким содержанием твердых парафинов), нефтей с высокой (более 500 $м^3$/т) или низкой (менее 200 $м^3$/т) газонасыщенностью либо при наличии в растворенном и/или свободном газе агрессивных компонентов (сероводород, углекислота) в количествах, требующих применения специального оборудования при бурении скважин и добыче нефти. Нефти, входящие в эту группу тудноизвлекаемых нефтей, далее будем называть нефтями с аномальными физико-химическими свойствами. К этой группе также будем относить и нефти с высоким содержанием металлов (в первую очередь, ванадия и никеля), повышающих степень экологической опасности территории вследствие известной токсичности тяжелых металлов.

Вторую группу трудноизвлекаемых нефтей, согласно [3], составляют нефти с осложненными условиями залегания (заключенные в геологически сложнопостроенных пластах и залежах, в водонефтяных и газонефтяных зонах, в слабопроницаемых и низкопористых коллекторах, с аномально высокой либо аномально низкой пластовой температурой и др.), а также нефти, размещенные на территории многолетней мерзлоты и на шельфах морей [4].

В связи с выше изложенным, в табл. 1 представлен перечень основных типов трудноизвлекаемых нефтей, составленный на основе обобщения критериев отнесения нефтяных запасов к трудноизвлекаемым, которые

обсуждались в большом числе научных публикаций [2-5]. Характеристика информационного описания разных типов трудноизвлекаемых нефтей, приведенных в табл. 1, основана на использовании информации из базы данных (БД) по физико-химическим свойствам нефтей мира, созданной в Институте химии нефти СО РАН.

Таблица 1 - Типы трудноизвлекаемых нефтей и характеристика их информационного описания в базе данных по физико-химическим свойствам нефтей

Типы трудноизвлекаемых нефтей		Объем выборки	Количество бассейнов	Количество месторож-дений
Группа 1. Нефти с аномальными физико-химическими свойствами	Тяжелая (плотность более 0,88 г/см^3)	5732	129	1920
	Вязкая (вязкость более 35 мм^2/с при 20 °С)	2691	68	931
	Сернистая (содержание серы более 3 %)	932	39	379
	Смолистая (содержание смол более 13 %)	2215	54	752
	Парафинистая (содержание парафинов более 6 %)	2497	60	849
	С высокой газонасыщенностью (более 500 м^3/т)	107	24	73
	С низкой газонасыщенностью (менее 200 м^3/т)	3707	68	1326
	С высоким содержанием сероводорода (более 5%)	125	19	65
	С высоким содержанием ванадия (более 0,003 %)	623	29	269
	С высоким содержанием никеля (более 0,007 %)	185	24	103
Группа 2. Нефти в сложных условиях залегания	В слабопроницаемых коллекторах (проницаемость менее 0,05мкм^2)	1214	41	715
	В коллекторах с низкой пористостью (менее 8 %)	205	18	149
	Большие глубины залегания (более 4500 км)	438	29	213
	В прерывисто-сплошной криолитозоне	2467	7	680
	В островной криолитозоне	3126	3	932
	Высокая пластовая температура (выше 100 °С)	1170	47	539
	Низкая пластовая температура (ниже 20 °С)	359	36	198

В табл. 1 видно, что нефти с аномальными свойствами представлены 18000 образцами, нефти с осложненными условиями залегания – почти 9000 образцами. Как видно в табл. 1, объемы выборочных совокупностей данных о нефтях для каждого из рассмотренных типов трудноизвлекаемых нефтей достаточно представительны, чтобы обеспечить получение статистически обоснованных результатов анализа.

Вопросы оценки качества нефтей

Рассмотрим методические вопросы проведения анализа качественных показателей трудноизвлекаемых нефтей. Как указано в Дополнениях 1989 г. к ГОСТ 9965 «Нефть для нефтеперерабатывающих предприятий. Технические условия», основными показателями, характеризующими потребительские свойства нефти и определяющими ее цену, являются плотность и содержание

серы. Позже в ТУ 39-1623-93 «Нефть российская, поставляемая для экспорта» в качестве наиболее влияющих на потребительские свойства нефти указываются следующие физико-химические показатели нефти: плотность, выход фракций при температурах начала кипения (н. к.) 200, 300 и 350 °С, массовая доля серы и концентрация хлористых солей.

В 1997 г. для оценки качественных свойств товарной нефти В.Н. Дегтяревым [6] предложен комплексный показатель качества нефти (K), учитывающий ее плотность и указанные выше показатели химического состава (содержание серы и выход фракций н. к. 200, 300 и 350 °С) и рассчитываемый по регрессионному уравнению:

$$K = 0{,}04S + 0{,}00054C + 1{,}74\rho - 0{,}0087\Phi_{200} - 0{,}0056\,\Phi_{300} - 0{,}0049\Phi_{350}, \qquad (1)$$

где S – содержание общей серы в нефти (%);

C – концентрация хлористых солей (мг/л);

ρ - плотность нефти (г/см^3);

Φ_{200}, Φ_{300} и Φ_{350} – содержание (%) фракций н. к. 200, 300 и 350 °С соответственно.

Коэффициенты уравнения (1) рассчитывались автором [6] на основе регрессионного анализа результатов экспертных оценок взаимозначимости параметров качества нефти с точки зрения ее переработки. Позже в нашей работе [7] было предложено использовать этот комплексный показатель для оценки качественных характеристик нефтей в нефтяных залежах месторождений и нефтеносных бассейнов. Этот подход был успешно применен как в наших [7, 8], так и в работах других исследователей (например, [9]) для оценки и анализа закономерностей пространственных изменений качественных показателей нефтей на нефтеносных территориях разных регионов, стран и континентов.

Введенный в работе [10] индекс качества нефти Q, определяемый в виде величины, обратной показателю K, т.е. $Q = 1 / K$, оказался достаточно удобным для проведения анализа качественных особенностей разных типов трудноизвлекаемых нефтей. Заметим, что увеличение значений индекса качества нефти Q соответствует повышению качества нефти, а уменьшение – снижению качества нефти, что является логичным и удобным для сравнения по качеству разных типов трудноизвлекаемых нефтей.

С использованием информации из БД рассчитаны в соответствии с формулой (1) значения индекса качества Q для различных типов трудноизвлекаемых нефтей, которые представлены в табл. 2. Приведенные в этой таблице величины индексов качества представляют собой средние значения индекса Q для разных типов трудноизвлекаемых нефтей, которые рассчитаны по выборочным совокупностям данных из БД о плотности нефти и содержании в ней серы и трех светлых фракций (н. к. 200, 300 и 350 °С). Несмотря на такой достаточно ограниченный набор использованных при расчете индекса качества показателей, как показывает анализ [10], полученные оценки величины Q позволяют ранжировать разные типы нефтей по их

качеству, что можно использовать для сравнения типов трудноизвлекаемых нефтей по величине индекса качества.

Таблица 2 - Значения индекса качества разных типов трудноизвлекаемых нефтей

Типы трудноизвлекаемых нефтей	Значение индекса качества Q
Нефти 1 класса ($Q > 1{,}3$)	
С высокой газонасыщенностью	2,22
С высоким содержанием сероводорода	1,51
С высокой пластовой температурой	1,47
В прерывисто-сплошной криолитозоне	1,401
С большой глубиной залегания	1,40
Нефти 2 класса ($0{,}9 < Q \leq 1{,}3$)	
В островной криолитозоне	1,26
В слабопроницаемых коллекторах	1,14
Парафинистые	1,12
С низкой газонасыщенностью	1,07
В коллекторах с низкой пористостью	0,98
С низкой пластовой температурой	0,92
Нефти 3 класса ($Q \leq 0{,}9$)	
Смолистые	0,81
Вязкие	0,80
Никелевые	0,79
Ванадиевые	0,78
Тяжелые	0,76
Сернистые	0,70

В зависимости от величины индекса качества Q в табл. 2 трудноизвлекаемые нефти разных типов сгруппированы в три класса: низкого, среднего и высокого качества. При формировании классификации трудноизвлекаемых нефтей граничные значения интервалов изменения индекса качества нефтей в классах (табл. 2) выбраны равными 0,9 и 1,3, исходя из условия приблизительно равномерного распределения нефтей разных типов по классам (по 5-6 типов в классе). В результате получена следующая классификация нефтей по качеству:

Класс 1 - нефть высокого качества, при $Q > 1{,}3$;

Класс 2 - нефть среднего качества, при $0{,}9 < Q \leq 1{,}3$;

Класс 3 - нефть низкого качества, при $Q \leq 0{,}9$.

Представленная классификация трудноизвлекаемых нефтей по качеству может быть полезной при решении проблем нефтедобычи и транспорта нефти, так и технологических проблем нефтехимии и нефтепереработки, возникающих в связи с наблюдающимся ростом объемов добычи трудноизвлекаемых запасов.

Анализ планетарного размещения трудноизвлекаемых нефтей

Рассмотренная выше классификация трудноизвлекаемых нефтей (ТИН) по качеству позволяет изучить географию залегания разных типов ТИН на земном шаре и разработать карто-схемы пространственного размещения ТИН разных классов качества в глобальном и региональном масштабах. Для иллюстрации на рис. 1 представлено распределение нефтегазоносных бассейнов с трудноизвлекаемыми нефтями, относящихся к классу "нефти высокого качества". Как видно из рис. 1, трудноизвлекаемые нефти указанного класса встречаются в 63 нефтегазоносных бассейнах на всех континентах.

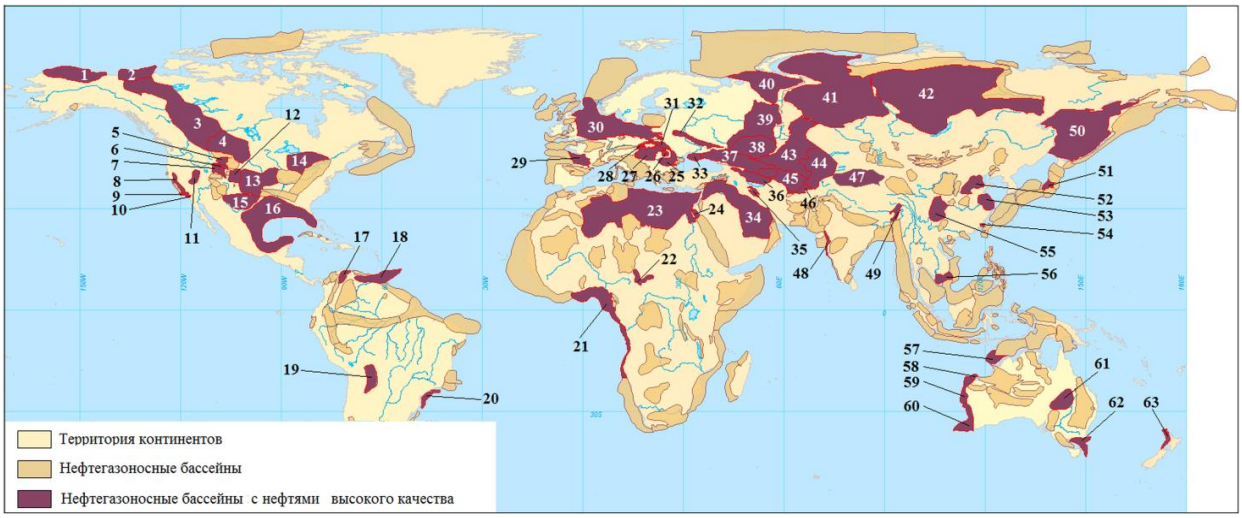


Рисунок 1 – Схема размещения нефтегазоносных бассейнов с нефтями высокого качества Обозначения: *бассейны в Северной и Южной Америке*: 1 – Арктического склона Аляски, 2 - Бофорта, 3 - Западно-Канадский, 4 - Уиллистонский, 5 - Биг-Хорн, 6 - Уинда-Ривер, 7 – Грин-Ривер, 8 - Грейт-Валли, 9 - Вентура-Санта-Барбара, 10 - Лос-Анджелес, 11 - Юта-Невадинский, 12 - Денвер, 13 – Западный Внутренний, 14 - Мичиганский, 15 – Пермский, 16 – Мексиканского залива, 17 – Маракаибский; 18 – Оринокский; 19 – Центрально-Предандийский, 20 - Сантос; *в Африке:* 21 - Гвинейского залива, 22 - Шари, 23 - Сахаро-Ливийский, 24 - Суэцкого залива; *в Евразии*: 25 - Предкарпатско-Балканский, 26 - Трансильванский, 27 - Паннонский, 28 - Венский, 29 - Аквитанский, 30 - Центрально-Европейский, 31 - Карпатский, 32 – Днепровско-Припятский, 33- Северо-Крымский, 34 - Персидского залива, 35 - Центрально-Иранский, 36 – Южно-Каспийский, 37 - Северо-Кавказский, 38 – Прикаспийский, 39 – Волго-Уральский, 40 – Тимано-Печорский, 41 – Западно-Сибирский, 42 - Лено-Тунгусский, 43 - Туранский, 44 - Афгано-Таджикский, 45 - Амударьинский, 46 - Каракумский, 47 - Таримский, 48 - Камбейский, 49 - Ассамский, 50 - Охотский, 51 - Ниигата, 52 - Бохайский, 53 - Желтоморский, 54 - Северо-Тайваньский, 55 - Сычуаньский, 56 – Вунг-Тау; *в Австралии*: 57 - Броуз, 58 - Дампьер, 59 - Северный Карнарвон, 60 - Перт, 61 - Внутренний Восточно-Австралийский, 62 - Гипсленд, 63 - Таранаки

Аналогичный анализ проведен для размещения нефтегазоносных бассейнов (НГБ) нефтей, которые относятся к классам нефтей среднего и низкого качества. Этот анализ показал, что трудноизвлекаемые нефти среднего качества встречаются на всех континентах в 102 нефтегазоносных бассейнах, а ТИН, относящиеся к классу низкого качества, - в 129 нефтегазоносных бассейнах на всех континентах.

Следует заметить, что в 45 НГБ размещаются нефти всех трех классов качества, которые характеризуются широким диапазоном изменения физико-химических свойств. Например, в Северной Америке это наблюдается в большинстве известных НГБ (исключая Денвер, Новошотландский и Сведруп). В Южной Америке нефти бассейнов Маракаибский и Оринокский являются нефтями как высокого, так и среднего и низкого качества. В Африке 4 НГБ (Гвинеского залива, Сахаро-Ливийский, Суэцкого залива и Шари) имеют нефти всех 3 классов качества. В Евразии 27 бассейнов обладают нефтями высокого, среднего и низкого качества, в частности, в России к таковым относятся все основные НГБ (Волго-Уральский, Западно-Сибирский и Тимано-Печорский), а также Лено-Тунгусский, Северо-Кавказский и Северо-Крымский нефтяные бассейны.

Заключение

Для проведения исследований качественных особенностей разных видов трудноизвлекаемых нефтей использован предложенный нами индекс качества нефтей, методика расчета которого дана в статье. С использованием индекса качества в статье приведена классификация трудноизвлекаемых нефтей, в соответствии с которой разные виды ТИН разделены на три класса качества.

Класс нефтей высокого качества включает следующие виды ТИН: нефти с высоким содержанием сероводорода и высоким газосодержанием, "горячие" нефти из пластов с высокой температурой, нефти с большой глубиной залегания и нефти, расположенные на территории прерывистой и сплошной зон многолетней мерзлоты. Показано, что наиболее высокие качественные показатели имеют нефти с высокой газонасыщенностью, которые являются легкими, маловязкими, малосернистыми, умеренно парафинистыми, малосмолистыми и малоасфальтеновыми, с высоким содержанием светлых фракций. В этот класс входят и перспективные для будущего освоения нефти из месторождений в зонах прерывистой и сплошной мерзлоты, которые относятся к малосернистым, малосмолистым, малоасфальтеновым, среднепарафинистым и с высоким содержанием фракции н.к. 350 ^{0}С. По индексу качества ТИН этого вида имеют более высокий уровень качества по сравнению с нефтями, расположенными в островной зоне мерзлоты и вне ее.

Показано, что четыре вида трудноизвлекаемых нефтей с аномальными физико-химическими свойствами (тяжелые, вязкие, сернистые и смолистые нефти), запасы которых в мире и в нашей стране огромны, формируют класс низкого качества.

Существующая технология транспортировки нефти по магистральным нефтепроводам, ориентированная на пропуск больших объемов нефти, приводит к смешиванию нефтей из разных месторождений с различными физико-химическими характеристиками, что неизбежно приводит к существенному изменению качественных показателей образующейся смеси и оказывает влияние на снижение стоимости товарной нефти. Приведенные в статье результаты исследований могут быть использованы для оптимизации маршрутов транспортировки трудноизвлекаемых нефтей, при разработке новых и усовершенствовании существующих методов и технологий добычи и переработки нефтей с аномальными физико-химическими свойствами, а также при решении других задач нефтяной отрасли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Максутов Р., Орлов Г., Осипов А. Освоение запасов высоковязких нефтей в России // Технологии ТЭК. – 2005. - № 6. – С. 36 – 40.
2. Лисовский Н.Н., Халимов Э.М. О классификации трудноизвлекаемых запасов // Вестник ЦКР Роснедра. - 2009. - № 6. - С. 33-35.
3. Пуртова И.П., Вариченко А.И., Шпуров И.В. Трудноизвлекаемые запасы нефти. Терминология. Проблемы и состояние освоения в России // Наука и ТЭК. - 2011. - № 6. - С. 21-26.
4. Шпуров И.В., Растрогин А.Е., Браткова В.Г.О проблеме освоения трудноизвлекаемых запасов нефти Западной Сибири // Нефтяное хозяйство. - 2014. -№ 12 . - С. 95-97
5. Ященко И.Г., Полищук Ю.М. Трудноизвлекаемые нефти: физико-химические свойства и закономерности размещения / Под ред. А.А. Новикова. - Томск: В-Спектр, 2014. - 154 с.
6. Дегтярев В.Н. - Нефтяное хозяйство. – 1997. - № 3. – С. 62 - 63.
7. Polichtchouk Y.M., Yashchenko I.G. Analysis of Eurasian oils quality // *Neftyanoe Khozyaistvo - Oil Industry*. – 2002. - № 1. – pp. 66 - 68.
8. Полищук Ю.М., Ященко И.Г. Сравнительный анализ качества российской нефти // Технологии ТЭК.– 2003. - № 3. – С. 51 – 56.
9. Крицкая Е.Б., Чиж Д.В. Изучение изменений физико-химических параметров нетей Предкавказья // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. - 2013. - № 1. - С. 21-23.
10. Ященко И.Г., Полищук Ю.М. Сравнительный анализ качества трудноизвлекаемых нефтей // Газовая промышленность. - 2015. - № 5 (722). - С. 18-23.

УДК 553.982(571.13)

В.Н. Ростовцев, В.В. Ростовцев

К ВОПРОСУ О НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

Создание развитой нефтегазодобывающей промышленности в Омской области один из базовых резервов её динамического движения вперед. Для её создания в регионе в настоящий момент есть положительные и отрицательные моменты. К положительным моментам, как бы это парадоксально не казалось, можно отнести снижение цен на нефть на мировом рынке, а также прогнозы ряда, серьезных ученых, что Россия в ближайшие 20-25 лет, может стать импортером нефти. Из этих постулатов два важных следствия. Первое, дело не в цене, а в себестоимости добычи нефти. Нефть в Арктике, на Таймырском полуострове имеет огромное стратегическое значение, но её себестоимость не позволит завоевать нефтяной европейский рынок. Второе чтобы прогнозы ученых не оправдались необходимо срочно разворачивать поиски месторождений нефти и газа, причем желательно с крупными запасами, как минимум в 20-30 миллионов тонн в районах с развитой инфраструктурой.

С этих позиций Омская область как часть крупнейшей в мире Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции исключительно привлекательный объект для широкомасштабных геологоразведочных работ на поиски месторождений нефти и газа.

К отрицательному моменту можно отнести, тот факт, что на всех геологических уровнях, господствуют представления о бесперспективности или малой перспективности недр Омской области. Достаточно взглянуть на карту прогноза нефтегазоносности мезозойско-кайнозойских отложений Западно-Сибирской плиты под редакцией И.И.Нестерова, земли этой области рассматриваются как земли с очень низкой плотностью запасов, и частично как бесперспективные.

Основу этим взглядам заложил в 1959 году, выдающийся геолог, доктор геолого-минералогических наук Ф.Г. Гурари в своей монографии «Геология и перспективы нефтегазоносности Объ-Иртышского междуречья» (Гурари Ф.Г., 1959 г.). В последствие, он ссылаясь на эту монографию подчеркивал: «Дана четкая отрицательная оценка перспектив мезозоя юга и юго-востока низменности», (Гурари Ф.Г., 1996 г. с. 57.)

Наиболее полная работа, известная нам, обобщающая практически весь геолого-геофизический материал, о геологическом строение, и оценке перспектив нефтегазоносности Омской области была выполнена коллективом авторов, под руководством академика РАН РФ Конторовичем А.Э. в 2001 году. Она была выполнена на тему: «Разработка программы геологоразведочных работ на 2001-2005 годы с количественной и качественной оценкой перспектив нефтегаоносности палеозойских и мезозойских отложений Омской области.»

В результате проведенных исследований авторы отчета пришли к выводу, что начальные извлекаемые ресурсы углеводородов территории Омской области (Добыча+А+В+С1+С2+С3+Д1) составляют 235456 тыс. тонн. Исходя из этих цифр удельные извлекаемые ресурсы Омской области составляют 1635 т/км2.

Следовательно месторождение площадью в 100 км2 будет содержать извлекаемые запасы углеводородов 163500 тонн. Таким образом, исследования 2000 года как бы полностью подтвердили ранее сделанные выводы о низких перспективах нефтегазоносности территории Омской области.

Тем не менее, имеются ряд геологических соображений, которые позволяют поставить под сомнение выводы исследователей второй половины XX и начала XXI века.

Во-первых, Омская область с востока, севера и юго-востока граничит с Тюменской, Томской, Новосибирской областями, где не только открыты сотни месторождений, но где уже 50 лет ведется интенсивная добыча нефти и газа.

Во-вторых, несмотря на исключительно низкую геологическую изученность этой территории, новейшими сейсмическими методами (плотность МОГТ 2Д составляет не более 0,04-0,05 км/км2) на территории Омской области открыто 4 нефтяных, и одно газоконденсатное месторождение. При этом, промышленные залежи углеводородов открыты в верхнеюрских, среднеюрских, меловых и в кровле палеозойских отложений. Промышленная нефтегазоносность на землях области установлена, практически, во всем стратиграфическом диапазоне характерном для Западной Сибири.

В-третьих, на территории области практически повсеместно распространены отложения баженовской свиты, безусловно обладающих нефтематеринскими свойствами.

Имеется информация, что аргиллит баженовской свиты отобранный из интервала 2521-2523,6 м. в скважине Саргатская 2, при подогреве на спичке горит. Если эта информация справедлива, то на территории области имеются фактически горючие сланцы, о перспективах нефтегазоносности которых в настоящее время развернута широкая дискуссия.

В-четвертых, наличие органогенных, мелкокристаллических, и брекчированных известняков, брекчии и конгломератов в палеозойских отложениях позволяют рассматривать эти отложения как один из перспективных горизонтов области. На их высокие коллекторские свойства указывают и результаты испытания палеозойских отложений в колонне и в открытом стволе. В различных скважинах при их испытании притоки пластовой воды составили от 122,6 м3/сутки до 752,0 м3/сут.

Эти данные свидетельствуют о наличие высокопроницаемых зон в палеозойских отложениях, в которых уже открыты около 100 залежей нефти и газа на территории Западной Сибири от юга Томской области до Нового Порта на Ямале.

В–пятых, в отличие от Томской области, где в средне-нижнеюрских отложениях открыты десятки промышленных залежей углеводородов, в Омской области эти отложения обладают значительно лучшими

коллекторскими свойствами.

При их испытании в колоне и в открытом стволе были получены на различных площадях притоки воды дебитами в 710, 48, 85, 194, 259, 192 м3/сутки. Эти данные свидетельствуют о наличие высокоемких резервуаров в отложениях средней и верхней юры.

В-шестых, нет пока ясности, почему мы на территории Омской области, располагающейся на обрамлении Западной Сибири, не видим полноценные разрезы верхневаюганской подсвиты, переходящей к востоку и югу в наунакскую, которые регионально продуктивны в Томской области. Почему отложения баженовской свиты залегают на глинистых отложениях, достаточно большой мощности, по характеру каротажных кривых напоминающих в большей степени отложения нижневасюганской подсвиты, но выделенные наши предшественниками в георгиевскую. Ответ на этот вопрос даст возможность найти путь поиска верхнеюрской нефти.

В – седьмых, проведенная количественная оценка перспектив нефтегазоносности с учетом эталонных и расчетных участков, как это сделала группа специалистов под руководством А.Э. Конторовича, при такой низкой изученности территории не позволяла получить достоверную информацию. Такая оценка объемно-генетическим методам на территории области не проводилась. Экспертно можно утверждать, что при использовании этой методики были бы получены совершенно другие результаты.

И наконец, учитывая, что существенные поисковые работы в Омской области проводились в 50-70-х годах прошлого столетия, когда еще не сформировались представления о сложности строения юрских и меловых отложений, ряд продуктивных пластов были пропущены, или не адекватно испытаны. Таким примером могут служить испытания продуктивных верхнеюрских пластов на Баклянской площади. где пласты не дифференцировались на пласты Ю11, Ю 12 , Ю13, а испытывались как единый горизонт Ю1. что привело к ошибочным выводам о заниженных запасах этого формально не открытого месторождения. Есть основание полагать, что в скважине № 5 Завьяловской площади по ряду причин пропущен продуктивный пласт в интервале 2546-2550 м.

Краткий анализ приведенных тезисов говорит о том, что в региональном плане геологическое строение Омской области сопоставима, с районами с доказанной промышленной нефтегазоностью, но имеются и специфические черты. Недра Омской области пережили более сложную тектоническую историю развития, в результате которой на её территории большее развитие должны получить сложнопостроенные ловушки связанные со стратиграфическим несогласием, литологическим выклиниванием литологическим замещением. Сложность геологического строения области требует принципиально новых подходов к адекватной оценке нефтегазаносности этой территории.

К таким новым подходам относится, и, использование технологии квантово-оптической фильтрации космоснимков позволяющей выявлять границы залежи самых разных типов.

С помощью этой технологии были изучены отдельные районы Омской области. В результате были зафиксированы границы не только ранее открытых месторождений (Тевризского, Ягыл-Яхского, Баклянского), но и границы 9-ти прогнозируемых месторождений (Рис. 1).

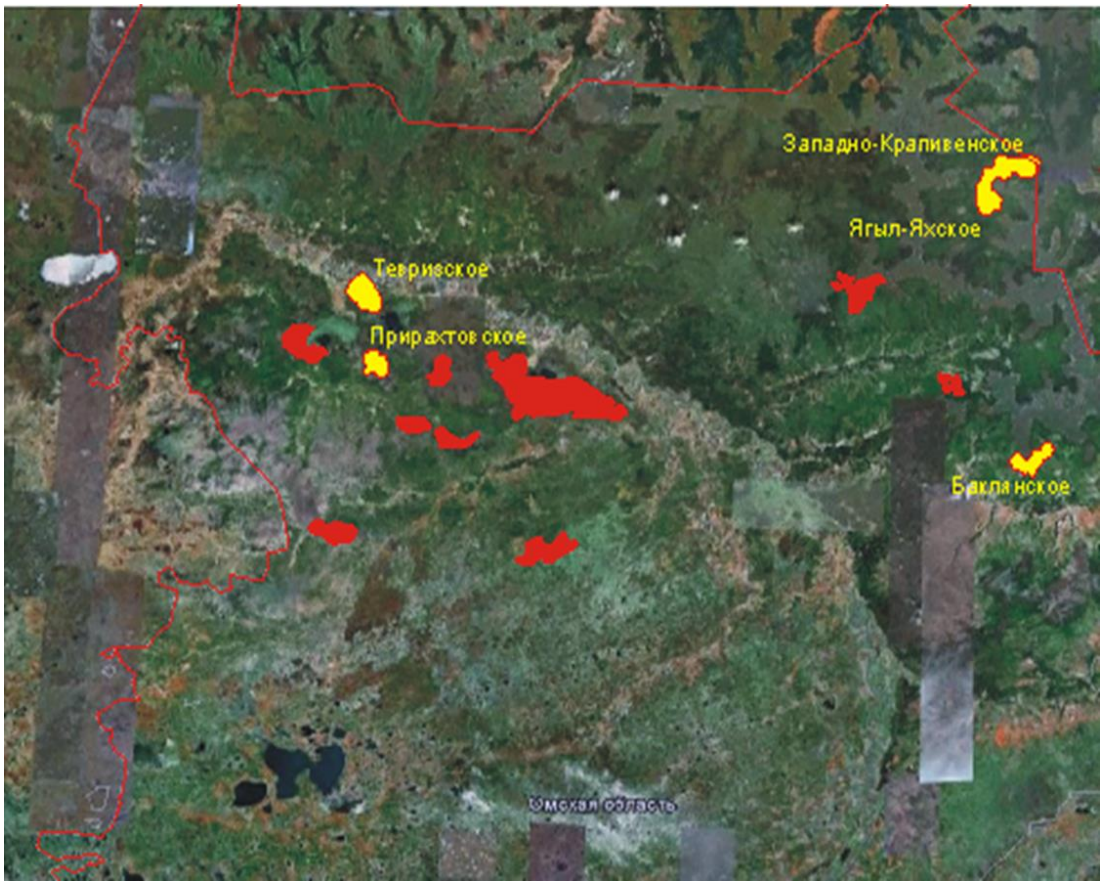


Рисунок 1– Границы открытых и прогнозируемых месторождений выявленных с помощью квантово-оптической фильтрации космических снимков на территории Омской области.

Площади 8-ми выявленных прогнозируемых месторождений колеблются от 40 до 98 км^2, но одно, девятое имеет площадь 421 км^2. Эти данные говорят о том, что в Омской области кроме мелких месторождений, есть вероятность открытия крупных по величине запасов месторождения.

Все выявленные прогнозируемые месторождения при средней мощности продуктивного пласта в 4 метра способны контролировать геологические ресурсы нефти по категории С3 в объеме 351 млн. тонн, и это в 1,48 раз больше чем по данным А.Э. Конторовича по всем категориям и на всей территории Омской области.

Не менее важные данные получены после квантово-оптической фильтрации космоснимка территории юга области в районе города Омска (Рис.2.). Северо-западнее, северо-восточнее и юго-восточнее г. Омска выявлены три крупных нефтегазоносных зоны.

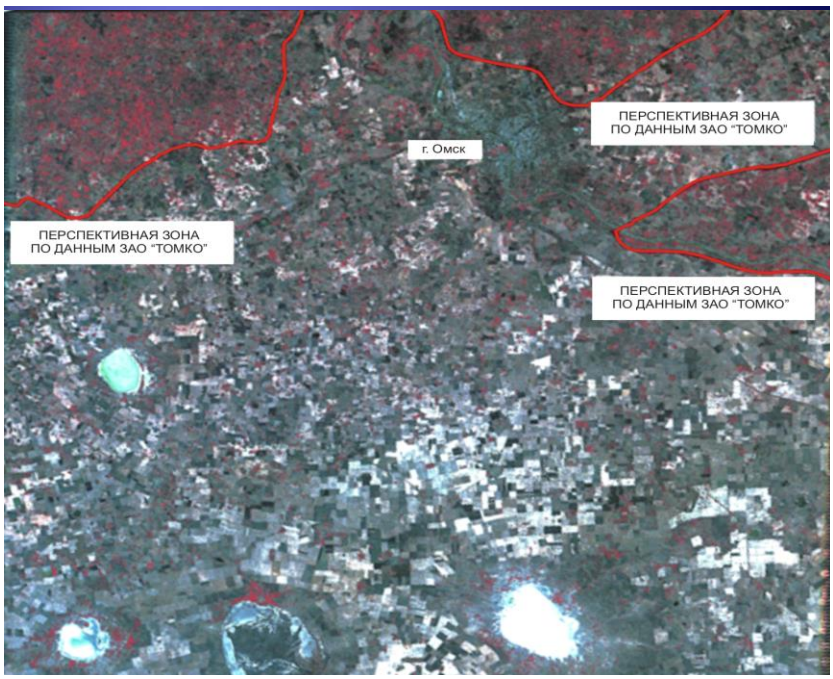


Рисунок 2 – Перспективные нефтегазоносные зоны, выявленные квантово-оптической фильтрацией космоснимков в районе города Омска.

Выделение трех зон перспективных для поисков нефти и газа свидетельствуют о не раскрытом высоком потенциале нефтегазоносности Омской области. Безусловно эти зоны суммарная площадь которых составляет более 3000 км^2, должны стать первоочередным объектом для постановки детальных сейсмических и буровых работ. При детальной обработке космоснимков этой территории можно выделить границы прогнозируемых месторождений и места заложения первых поисковых скважин до проведения сейсмических работ. Ресурсная база этих зон при условии мощности продуктивного пласта в 4 метра по категории Д1 +Д2 может составить один миллиард сорок миллионов тонн условных углеводородов. Экспертная оценка геологической информации показала, что на территории Омской области есть все необходимые условия, с позиций осадочно-миграционной теории происхождения нефти, для формирования месторождений углеводородов. На её территории имеются достаточно мощные отложения баженовской нефтематеринской свиты, емкие коллектора в палеозое, юре, неокоме, региональные и зональные покрышки, высокая степень катагенеза органического вещества.

Томские ученые и специалисты показали огромный не до оцененный нашими предшественниками нефтегазоносный потенциал Омской области, на небольшой части её территории, теперь слово и дело за администрацией региона и нефтяными промышленниками заинтересованными в нефти, с низкой себестоимостью.

УДК 681.518

А.Ю. Дмитриев, Л.В. Воробьева, В.В. Малышев, Д.В. Худяков

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОМПАНИЙ НЕФТЕГАЗОВОГО КОПМЛЕКСА ПУТЕМ РАЗРАБОТКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ БЛОКОВ: ГЕОЛОГИЯ, РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ, БУРЕНИЕ

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

В современном высокотехнологичном мире, где требования передовых компаний к сотрудникам очень высоки, специалистам и их руководителям необходимо постоянно совершенствоваться, в то время как затраты на обучение неизбежно будут снижаться в связи с текущей ситуацией на нефтяном рынке. В данной статье рассмотрен принцип использования системы мониторинга и оценки технических компетенций, разработанный специалистами Центра профессиональной переподготовки специалистов нефтегазового дела Института природных ресурсов Национального исследовательского Томского политехнического университета. Применение данной системы позволит наиболее эффективно повысить качество знаний и умений сотрудников предприятия нефтегазового комплекса.

За последние несколько лет большинство российских нефтегазовых компаний занимались оценкой и развитием общекорпоративных и лидерский компетенций. В результате так называемые «soft skills» сотрудников заметно улучшаются. Тем временем сегодня фокус внимания HR переместился на техническое развитие персонала.

На смену ЕТКС (Единому тарифно-квалификационному справочнику), который не успевает за развитием технологий и бизнес- процессами приходят профессиональные технические компетенции, которые становятся единым унифицированным языком для взаимодействия руководителей, сотрудников, HR и высших учебных заведений.

У сотрудников Центра подготовки и переподготовки специалистов нефтегазового дела Института природных ресурсов Национального исследовательского Томского политехнического университета (далее Центр) накопился огромный опыт по созданию и реализации проектов системы мониторинга и оценки технических компетенций. В данной статье раскрыты основы формирования, анализа и применения системы оценки на примере сотрудника Отдела бурения.

Проект по созданию и разработке профессиональных технических компетенций всегда трудоемкий, так как необходимо изучить огромное

количество нормативной документации, локальных регламентов, разного рода инструкций, положений и процедур. Всю эту информацию необходимо обработать прежде, чем описывать сами компетенции. В проекте, как правило, задействовано много участников: сотрудники HR – службы, эксперты компании и руководство, утверждающее результаты. Необходимо и важно, чтобы все участники проекта приняли описание и содержание компетенций, а также согласовали необходимый уровень развития компетенций для каждой должности в штатном расписании.

Часто в начале проекта по разработке профессионально-технических компетенций специалисты сталкиваются с некоторым сопротивлением сотрудников компании. У экспертов зачастую не хватка времени для того, чтобы разобраться в модели или утвердить ее содержание. Но когда появляются первые результаты, лояльность заметно повышается.

Давайте рассмотрим создание, проведение и анализ оценки сотрудников Отдела бурения нефтегазовой компании.

При реализации проекта существуют несколько важных подготовительных этапов: сбор данных; формирование моделей профкомпетенций; создание профилей должностей.

Для сбора данных о профессиональной деятельности сотрудников используются различные источники информации. Для начала прорабатываются существующие в компании положения, должностные инструкции и другие документы, затем собираются и анализируются мнения функциональных экспертов. Работа с экспертами может быть построена двумя способами. В первом случае проводится индивидуальное структурированное интервью с каждым экспертом, в ходе которого происходит переход от процессов данной должности к уже конкретным знаниями навыкам, необходимым для успешного выполнения этих процессов. Во втором случае возможно использование другого инструмента сбора информации – фокус группа. Эксперты собираются вместе, в результате чего на выходе получается целостное согласованное видение компетенций: фокус - группа позволяет договориться о структуре компетенций, о единых формулировках и терминах и при этом оптимально расходуется время экспертов и проектной команды.

В рамках системы оценки и развития технических компетенций формируется универсальный профиль в соответствии с должностными инструкциями специалиста – набор технических компетенций, которые необходимы для выполнения производственных функций, а также позволяет выявить фактическое владение знаниями сотрудников по максимально возможному набору дисциплин и направлений, и соответственно самих технических компетенций.

Для сотрудников компании был составлен и согласован максимальный профиль, соответствующий должности Начальник отдела бурения*:*

Перечень компетенций профиля	1	2	3	4
Геология				
Седиментология				
Геологоразведочные работы				
Процесс осадконакопления				
Геология нефти и газа				
Каустобиолиты, их происхождение				
Природные резервуары, ловушки нефти и газа				
Нефтегазогеологическое районирование				
Бурение				
Наземное буровое оборудование				
Спускоподъемный комплекс буровой установки				
Циркуляционная система				
Противовыбросовое оборудование				
Буровой инструмент				
Породоразрушающий инструмент				
Гидравлические забойные двигатели				
Бурильная колонна				
Углубление скважины				
Способы и режимы бурения				
Бурение с отбором керна				
Направленное бурение				
Наклонно-направленное бурение скважин				
Бурение горизонтальных скважин				

Рисунок 1- Профиль Начальника отдела бурения.

Для оценки фактических знаний специалиста затем используется дифференцированный подход, суть которого заключается в том, что по каждому разделу знаний Система сначала задает вопросы уровня сложности, который указан в профиле (рис.1), затем, если сотрудник успешно отвечает на вопросы, то в результате фиксируется уровень, который указан в профиле. Если сотрудник неверно ответил на вопросы, то уровень сложности понижается, до тех пор, пока сотрудник не ответил верно на вопрос, если уровень достиг отметки 0, в результате он и зафиксируется (рис.2).

После анализа оценки сотрудника необходимо определить направление его развития, то есть формируются выводы о пригодности сотрудника в соответствии с должностью, анализируются потребности в обучении или переподготовке путем сравнения уровня требований, обусловленных определенной сферой деятельности и уровня качества работника. Стоит отметить, что набор тестов наиболее полно объединяет все основные вопросы, связанные с выполнением обязанностей сотрудников, это наиболее простой и в тоже время эффективный анализ деятельности каждого работника и предприятия в целом.

На рисунке 2 представлено сопоставление фактического и требуемого профиля соответствующий должности Начальник отдела бурения, соответственно, явный пробел в знаниях геологии: разделы седиментология и геология нефти и газа.

Аналитический аппарат Системы оценки автоматически выявляет разделы, по которым необходимо развитие технических компетенций

сотрудника. Кроме того, рекомендуются программы для развития сотрудников.

Перечень компетенций профиля	1	2	3	4	Δ
Геология					
Седиментология					
Геологоразведочные работы	v				-1
Процесс осадконакопления					-2
Геология нефти и газа					
Каустобиолиты, их происхождение	v				-2
Природные резервуары, ловушки нефти и газа	v				-2
Нефтегазогеологическое районирование	v				-2
Бурение					
Наземное буровое оборудование					
Спускоподъемный комплекс буровой установки	v				-3
Циркуляционная система	v	v			-2
Противовыбросовое оборудование	v	v			-2
Буровой инструмент					
Породоразрушающий инструмент	v				-3
Гидравлические забойные двигатели	v				-3
Бурильная колонна	v				-3

Рисунок 2 - Результат первичной оценки сотрудника

Направление	Раздел	ФИО	Подразделение	Должность	Направление	Уровень	Коэф	Первая очередь	Вторая очередь	Третья очередь	Четвертая очередь
Геология	Геология нефти и газа	Петров Перт Иванович	Отдел бурения	Начальник отдела	Отдел бурения	Начальник отдела бурения	5,00	Теоретический курс	Участие в проекте		
Геология	Седиментология	Петров Перт Иванович	Отдел бурения	Начальник отдела	Отдел бурения	Начальник отдела бурения	4,00	Самоподготовка	Теоретический курс		

Рисунок 3 - Потребности в обучении и рекомендованные программы развития сотрудника по результатам первичной оценки

Данный сотрудник был направлен на прохождение курсов повышения квалификации. Далее для анализа эффективности обучения, а также для отслеживания динамики развития и заинтересованности сотрудника к росту, было проведено повторное тестирование. При сравнении результатов теста и фактического уровня технический знаний сотрудника (рис.4) с требуемым уровнем или профилем, выявлен значительный рост.

Стоит отметить, что применяя данную систему оценки возможно определение того направления развития сотрудника, к которому он имеет

большие способности, что соответственно снижает совокупные затраты на переподготовку работников.

Наличие профилей оценки также позволяет подбирать наиболее подходящего сотрудника для определенной должности, то есть решается вопрос подбора персонала, а также формировать направления развития исходя из результатов оценки.

Перечень компетенций профиля	1	2	3	4	Δ
Геология					
Седиментология					
✔Геологоразведочные работы	v	v			0
✔Процесс осадконакопления	v				-1
Геология нефти и газа					
✔Каустобиолиты, их происхождение	v	v	v		0
✔Природные резервуары, ловушки нефти и газа	v	v			-1
✔Нефтегазогеологическое районирование	v	v	v		0
Бурение					
Наземное буровое оборудование					
✔Спускоподъемный комплекс буровой установки	v	v	v		-1
✔Циркуляционная система	v	v	v	v	0
✔Противовыбросовое оборудование	v	v	v		-1
Буровой инструмент					
✔Породоразрушающий инструмент	v	v	v	v	0
✔Гидравлические забойные двигатели	v	v	v		-1
✔Бурильная колонна	v	v	v		-1

Рисунок 4 - Результат оценки сотрудника после прохождения обучения

Процесс оценки возможно осуществлять как непосредственно у представителей HR- служб, так и дистанционно в различных форматах через Интернет, возможен вариант тестирования без использования программного обеспечения, распечатка тестов и проведение письменного тестирования на местах. Стоит отметить, что в среднем при реализации одного проекта для вариативности и наиболее полного охвата дисциплин сотрудниками Центра составляют более 6000 вопросов.

Более того сегодня наиболее остро стоит вопрос развития с одной стороны опытных сотрудников, проработавших много лет, но в силу рутинных задач отстающих от современных технологий. Требования передовых нефтегазодобывающих компаний высокие и им необходимо соответствовать, для роста, как в самой компании, так и для более эффективного функционирования самого предприятия. Задача HR- службы и Центра выявлять «болевые точки», повышать квалификацию и подготавливать к более

оперативному и качественному решению поставленных задач. С другой стороны не стоит забывать о молодых сотрудниках: они приходят на работу с большим багажом теоретических данных, но без опыта. Также стоит отметить, что недавними исследованиями выявлена работа многих ВУЗов по устаревшим программам.

Промышленность стареет, многие исследования и технологии в современной реалии становятся недоступными, соответственно единственных выход, это развивать и мотивировать специалистов, чем сотрудники Центра активно занимаются.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дмитриев А.Ю., И.Н.Анненков, В.В. Малышев, Д.В. Худяков, Л.В. Воробьева. Дифференцированный Подход к оценке технических компетенций при формировании программ развития специалистов нефтегазодобывающих компаний // Вестник РАЕН, Западно-Сибирское отделение.- 2011 -№13.-С.134-140.

УДК 504.06:622.34 (571.56)

Е.В. Перегудина, В.А. Домаренко

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКИ ПРИ ОСВОЕНИИИ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД БАКЧАРСКОГО РУДНОГО УЗЛА (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

Понимание и анализ геоэкологических рисков, применение на практике. Методы оценки и управления рисками. Знание природы их возникновения и развития, а также современные технологии обработки информации, позволяют использовать риски, как показатель возможного результата эффективной деятельности и применения метода скважинной гидродобычи железных руд Бакчарского рудного узла, расположенного на восточной окраине Васюганского болота.

Предотвращение загрязнения и истощения любой территории подверженной вмешательству из вне и прогноза неблагоприятных последствий от этих явлений - главная задача охраны окружающей среды, недр, водных ресурсов и т.д. И реализовать это можно изучая и управляя геоэкологическими рисками. Это мотивирует проводить изучение геоэкологических рисков для безопасной разработки и эксплуатации железорудных месторождений. При этом, под геоэкологическим риском будем понимать риск нарушения среды

обитания человека, то, что влияет на структуру, сохранность, изменчивость и восприимчивость среды и принимать на себя воздействия геоэкологических рисков будет человек, поэтому геоэкологические риски нужно рассматривать как сочетание вероятности и последствий проявление опасности, вытекающее из комплексного негативного воздействия всех компонентов среды. [4]

Геоэкологический риск целесообразно рассматривать как неизбежный фактор развития любого месторождения и систематизировать, опираясь на базовую классификацию рисков, по источнику возникновения, масштабу проявления, степени допустимости, прогнозированию, возможности предотвращения и т.д. В частности, в качестве примера можно привести классификацию экологических рисков, предложенную Е.Н. Павловой и переработанную для рисков геоэкологических:

1. Природно-геоэкологические риски, обусловленные изменениями в природной среде. (в нашем случае все зависит от того каким способом будет вести добыча железной руды)

2. Техногенно-геоэкологические риски, обусловленные появлением и развитием техносферы: − риск устойчивых техногенных воздействий, связанный с изменениями окружающей среды в результате обычной хозяйственной деятельности;

− риск катастрофических воздействий, связанный с изменениями окружающей среды в результате техногенных катастроф, аварий, инцидентов.

3. Социально-геоэкологические риски, обусловленные защитной реакцией государства и общества на обострение экологической обстановки, а также связанные с «человеческим фактором». [4]

Основой управления геоэкологическими рисками выступает знание природы их возникновения и развития, а также современные технологии обработки информации.[4].Одним из практически важных информационных методов оценки и управления рисками является экологическое картографирование, основанное на использовании в этих целях топографической информации общего и тематического характера, а также составлении специальных геоэкологических карт.

Бакчарский рудный узел является одним из крупнейших осадочных объектов железооруденения в России и мире, находится на территории Томской области в междуречье рек Андарма и Икса (притоки реки Чаи, левого притока реки Оби) и приурочен к Западно-Сибирскому железорудному поясу, простирающемуся с юга на север прерывистой полосой более чем на полторы тысячи километров. Месторождение разведывалось с 1957 г. поисково-разведочной партией Западно-Сибирского геологического управления под руководством А.А. Бабина и др. В последние годы выявились новые перспективы на разработку Бакчарского месторождения в связи с развитием метода скважинной гидродобычи и ведутся активные работы по оценке запасов, разработке технологии добычи и переработки руд с целью организации промышленной добычи железной руды для обеспечения мощностей металлургических предприятий Сибирского региона (Кузнецкий и Западно-Сибирский металлургический комбинаты). Современная технология отработки

крупного месторождения немыслима без всестороннего исследования минералого-петрографических, технологических и геохимических свойств руд. Такие исследования в значительной степени проведены или ведутся в настоящее время. [6,7]

Необходимо отметить, что в литературе рассматриваются несколько вариантов способов разработки данного месторождения: карьер, скважинная гидродобыча, подземное выщелачивание. Несомненно, что разработка месторождения железных руд любым из этих 3-х способов повлечет за собой изменения не только в окружающей среде. [8,1]

Факторы, определяющие развитие и существование геоэкологических рисков для Бакчарского узла, формируются по ряду особенностей:

− размеры территории – площадь Бакчарского железорудного узла составляет примерно 1500 км²;

− комплексный характер железоносных отложений Бакчарского узла, связанный с присутствием редкоземельных и радиоактивных элементов в виде включений собственных минералов. Это обстоятельство существенно повлиять на выбор технологии обогащения и переработки железных руд узла;

− значительная часть природных типов руд Западно-Сибирского железорудного пояса благоприятны для применения метода СГД (скважинной гидродобычи);

При отработке участка Бакчарского рудного узла методом скважинной гидродобычи, благоприятными с геоэкологической точки зрения факторами являются:

- отсутствие вскрышных работ, что позволяет сохранить в целостности культурный слой почвы;

замкнутая схема водоснабжения, вследствие чего потребление воды будет невысоким, и не будут загрязняться поверхностные и подземные воды;

- отсутствие взрывных и погрузочных работ и автомобильной откатки практически исключает запыленность и загазованность атмосферы, что в разы уменьшает и сводит на нет риск эксплуатации месторождения этим методом. [2]

Для минимизации рисков необходимо:

- выявить основные характеристики природных, природно-антропогенных и антропогенных факторов экологического риска и их динамику. Провести их анализ, опираясь на результаты полевых исследований и литературных источников;

- провести геоэкологическую оценку современного фактического состояния природно-территориальных в пределах Бакчарского рудного узла;

- осуществить геоэкологическую оценку и разработать экономически обоснованные предложения по минимизации экологических рисков и проведению превентивных мероприятий.[3]

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аренс В.Ж. Физико-химическая геотехнология// М.: Изд-во МГГУ,

2010. - 656 с.
2. Британ И. В., Гостюхин П. Д., Аллилуев В. Н., Лейзерович С. Г. Технология скважинной гидродобычи богатых железных руд КМА / /Горный журнал. - 2004. - n 1. - с. 62-64.
3. Карепина К. В., Домаренко В. А., Рихванов Л. П. Редкие и радиоактивные элементы в железных рудах Западно-Сибирского железорудного пояса на примере Бакчарского узла (Томская область)// Вестник науки Сибири, № 5 / 2012 , С. 29-35
4. Молочко А.В., Хворостухин Д.П. Геоинформационное обеспечение экологических рисков»: курс лекций и указания к выполнению практических работ: Учебно-методическое пособие для студентов географического факультета СГУ// Саратов, 2011
5. Молочко А.В. Автореферат диссертации по теме "Геоинформационное обеспечение геоэкологического риск-анализа эксплуатации нефтепромыслов" (на примере Саратовской области) специальность 25.00.36 —Астрахань – 2010
6. Копысов С.Г. Параметры экологически допустимой разработки Бакчарского железорудного месторождения // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология, 2011, № 5, с. 420–425
7. Рудмин М.А. Каппаметрические и фациальные исследования рудовмещающих горизонтов Бакчарского месторождения (Томская область) [Режим оступа:http://www.ipgg.sbras.ru/ru/files/publications/lithology2013/_3_021-024.pdf]
8. Шайхиев И.Р. Геоэкологический мониторинг природных сред района Бакчарского железорудного месторождения (Томская область) // Электронный научный журнал современные проблемы науки и образования/ – 2015. – № 1 (часть 2).

УДК 504.06:622.34 (571.56)

И.В. Павлова, В.А. Домаренко

ПРИРОДНЫЕ И ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ ПРИ ОСВОЕНИИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЭЛЬКОНСКОГО УРАНОВОРУДНОГО РАЙОНА (ЮЖНАЯ ЯКУТИЯ)

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

В данной статье рассматриваются понятия геоэкологического риска, риска здоровью человека, связанные с радиационными воздействиями,

раскрываются проблемы и методология оценки экологического риска при освоении месторождений Эльконского урановорудного района.

Развитие атомной промышленности, и в том числе освоение новых месторождений урана - одна из важнейших задач, стоящий перед Россией в XXI веке. Строительство ряда грандиозных объектов, в том числе и Эльконского горно-металлургического комбината, неизбежно приведет к серьезным негативным геоэкологическим последствиям. Геоэкологические риски особенно связаны с ответственными производствами и возможным влиянием на них опасных природно-антропогенных явлений, а для территории Южной Якутии, давно и интенсивно осваиваемой, характерен также ряд специфических эколого-геокриологических проблем, причиной которых является географическое положение региона и обусловленные им суровые природно-климатические условия, которые значительно усугубляют отрицательные последствия промышленной деятельности.

В целом под термином «риск» понимают возможность возникновения какой-либо неблагоприятной ситуации или опасности. Понятие «экологический риск» в Федеральном законе РФ «Об охране окружающей среды» определяется как «вероятность наступления события, имеющего неблагоприятные последствия для природной среды и вызванного негативным воздействием хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера» [4].

Современные методы оценки геоэкологических рисков подразделяют на количественные, качественные и полуколичественные. Необходимо отметить, что методы оценки рисков могут отличаться для рисков различной природы, в зависимости от объекта и направления исследований, выбираются разного рода приемы из математической статистики, экономической теории, логики и высшей математики, практической социологии, картографии и др. Вместе с тем, доля известных по литературным источникам оценок геоэкологических рисков весьма невысока [3; 5]. Для оценки техногенных рисков, преимущественно связанных с влиянием конкретных производств на окружающую среду, в основном применяют качественные методы [5], определяющие степень опасности источника риска (метод системного анализа риска, «индексов опасности» и др.). Для оценки экологических рисков, касающихся влияния на экосистему или отдельные компоненты биоты негативных природных и иных процессов и явлений, чаще используют количественные методы (оценка через введение нормативов ПДК, ПДВ, модели влияния загрязняющих веществ и ряд других [5]. Трудности при решении вопросов, связанных с оценкой риска в том, что количество факторов, в которых необходимо измерить риск чрезвычайно велико, и они могут отличаться друг от друга, поэтому приходится рассчитывать риски по какой-то определенной методике, для каждого фактора. Несмотря на появление в Федеральном законе «Об охране окружающей среды» понятия «экологический риск», методология по его анализу, оценке и управлению пока не разработана и не нашла четкого отражения как комплексный подход к природопользованию. Условием успешной оценки рисков является совокупный учет технических,

природных и социальных компонентов, использование доступной информации и научно-обоснованных прогнозов. Только учет всех "плюсов и минусов", т.е. ущерба и выгоды, выявлении влияющих факторов и принятии мер по снижению рисков может дать ответ на вопрос о полезности и целесообразности конкретного проекта.

На территории Якутии находится крупнейшее в стране Эльконское урановое месторождение с разведанными запасами около 344 тыс. тонн (7 % мировых запасов урана). В ноябре 2007 года для отработки месторождений Эльконского урановорудного района, являющегося одним из крупнейших в мире, было образовано ЗАО «Эльконский горно-металлургический комбинат». Выявлено несколько сотен потенциально рудоносных участков. Запасы 13-и из 40 крупных участков составляют 340 тысяч тонн урана, а общие ресурсы территории оцениваются в 600 тысяч тонн. Только зона Южная обеспечит работу проектируемого Эльконского горно-металлургического комбината с производительностью до 5 000 тонн урана в год не менее чем на 50 лет. В ходе промышленного освоения этой территории с созданием горно-металлургического комбината, воздействию подвергнется территория со сложными природными условиями, в т.ч. разнообразным распространением сезонно- и многолетнемерзлых пород со специфическими геологическими и гидрогеологическими условиями.

Согласно требованиям Федерального закона №116-ФЗ от 21.07.97 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», в целях обеспечения готовности к действиям по локализации и ликвидации последствий аварии организация, эксплуатирующая опасный производственный объект, обязана планировать и осуществлять мероприятия по локализации и ликвидации последствий аварий на опасном производственном объекте. Особенно актуально это требование для таких опасных производственных объектов, как предприятие по производству уранового топлива.

От деятельности урановой горно- добывающей промышленности в первую очередь страдают работники этих предприятий (шахтёры, операторы оборудования и т..п.), а во вторую – жители окрестных населённых пунктов и окружающая среда. Неизбежным следствием любого горного производства является нарушение естественного баланса в окружающей среде - это загрязнение шахтных вод ураном и другими радионуклидами, слив сточных вод в грунтовые воды, поступление радона из шахт, отвалов отработанной породы и хвостохранилищ, выщелачивание радионуклидов из хвостов с последующим стоком их в природные воды, эрозию систем хвостохранилищ с рассеянием токсинов ветром и водой загрязнение подземных и поверхностных вод ядовитыми нерадиоактивными веществами, такими как тяжелые металлы и реагенты, используемые при переработке руды.

Негативными сторонами месторождений Эльконского района является необходимость исключительно подземной их разработки (глубины 300-1000м). На проектируемом предприятии добыча руды будет осуществляться подземным способом, поэтому при эксплуатации подземных урановых

рудников необходимо следить, чтобы шахтные воды рудника постоянно откачивались и направлялись на гидрометаллургический завод в систему замкнутого технологического водооборота, а стены и верхний свод шахты не пропускали воду, также необходима мощная вентиляция, которая не должна позволять концентрироваться радону в воздухе.

Новое производство, кроме готовой продукции, будет сопровождаться появлением больших объемов радиоактивных отходов и вредных химических веществ, создающих значительную нагрузку на окружающую среду. Ненужная порода извлекается из открытых карьеров при вскрытии рудного тела, при строительстве подземных шахт. При переработке 1 т урановой руды выделяется 1,3–1,6 т (подземный рудник), 10–15 т (карьер) твердых отходов. Терриконы поднятой на поверхность породы обычно содержат больше радионуклидов, чем окружающие породы. Все эти скопления отходов представляют опасность для окрестных жителей, так как и после закрытия рудников в них продолжается генерация радона, который выделяется и перемещается в среду обитания. Кроме того, ряд токсинов вымываются из терриконов и загрязняют грунтовые воды.

В случае с Эльконским горно-металлургического комбинатом главными отходами являются горные отвалы при добыче и хвостохранилище гидрометаллургического завода. Обычно одно хвостохранилище урановых руд занимает площадь 300 - 500 га, которые содержат 70% радиоактивности первоначальной руды, включая долгоживущие радионуклиды 230Th (период полураспада = 80,000 лет) и 226Ra (период полураспада 1600 лет) [1]. В связи с длинным периодом распада радиоактивных элементов и огромного количества отходов уранодобывающей промышленности, очевидно, что полное устранение опасностей от последствий этой деятельности невозможно. Усилия по восстановлению должны быть направлены на уменьшение количества токсинов и предотвращение их распространения в окружающей среде. Следует предотвращать выход радона и γ-радиации, ветровую эрозию загрязненного материала, и сток токсинов в грунтовые воды и природные водоёмы [2].

После завершения эксплуатации должна проходить реабилитация территории путем многослойного покрытия отвалов и хвостохранилищ грунтовым материалом, почвой с проведением биологической рекультивации.

Другая сторона реализации проекта затрагивает экологические и социальные интересы населения, которые в силу особой экологической опасности радионуклидов для его жизнедеятельности, может создать чрезвычайно напряженную социальную и экологическую обстановку как в Южной Якутии, так и республике в целом. Для минимизации негативных экологических и социальных последствий разработки урановых месторождений необходимы, прежде всего, комплексные исследования по оценке социально-экологического и экономического эффекта освоения Эльконской группы урановых месторождений и разработке природоохранных мероприятий. Успех минимизации воздействия урановых горнодобывающих производств на

геологическую среду и среду обитания достижим, когда природоохранная деятельность становится составной частью технологического процесса основного производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бахвалов Л.А., Могирев А.М. Экологическая безопасность и экологические риски предприятий РОСАТОМА. //Информатизация и управление: Отдельный выпуск Горного информационно - аналитического бюллетеня. -М.: 2011.С.399-400.
2. Колыбанов К.Ю., Кузин Р.Е., Соловьёв В.Г., Шаталов В.В. Системный анализ источников эмиссии в окружающую среду химико-технологических процессов переработки урановых руд. // Цветные металлы, №6, 2008.
3. Музалевский А. А., Карлин Л. Н. Экологические риски: теория и практика. СПб., 2011.
4. Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ (ред. от 29.12.2015) "Об охране окружающей среды"
5. Чура Н. Н. Техногенный риск : учеб. пособие / под ред. В. А. Девисилова. М., 2011.

УДК 552.321.1/.3:551.311.231:550.4 (571.54/.55)

Е.С. Кузнецова, В.А. Домаренко

ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ ПО ГРАНИТОИДАМ ВИТИМСКОГО УРАНОВОРУДНОГО РАЙОНА

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

Введение

Образование коры выветривания на различных горных породах (щелочные сиениты, граниты, габброиды и др.), отличающихся минеральным составом, предопределяет развитие различных профилей коры выветривания и приуроченность к ним различных минеральных проявлений. Интенсивность выветривания контролируется минеральным составом субстрата, и, наконец, минеральный состав геохимических зон профиля выветривания определяется составом исходных пород [2].

Проблему условий локализации уранового оруденения на месторождениях Хиагдинского рудного поля рассматривали многие исследователи [3,5,6], однако вопрос об источнике рудного вещества до сих пор остается открытым, что предопределяет актуальность и практическую значимость исследований.

Авторами предпринята попытка изучения вещественного состава и геохимической специализации кор выветривания по гранитоидам на месторождениях палеодолинного типа Хиагдинского рудного поля с целью определения источника урана на этих месторождениях.

Характеристика объекта исследования

Район исследования расположен в Республике Бурятия в Центральном Забайкалье, а именно в Витимском урановорудном районе. Объекты рудного поля расположены на южном фланге Амалатского плато базальтов, в центральной части Торма-Хиагдинской урановорудной зоны. Оно включает в себя серию месторождений (Хиагдинское, Вершинное, Источное, Намару-Коретконде, Количикан, Тетрахское, Дыбрын, Джилиндинское) палеодолинного типа (рисунок 1).

В геологическом плане в пределах зоны, под миоценовым покровом базальтов площадью 4тыс. кв. км, вскрывается крупная кайнозойская палеоречная система Большого Амалата с основным стоком в северо-восточном направлении. Палеодолины врезаны в существенно гранитоидный кристаллический фундамент и выполнены сероцветными осадочными породами.

Фундамент палеодолин и их обрамление на 90% сложены высокорадиоактивными гранитоидами витимканского комплекса (25…40 мкр/час). В преднеогеновое время все породы фундамента подвергались интенсивному химическому выветриванию и на них сформировалась глинисто-щебенистая кора выветривания мощностью от первых метров до первых десятков метров, которая позже поставляла обломочный материал для формирования продуктивной осадочной толщи джилиндинской свиты неогенового возраста [6].

Материалы и методы

В основу исследований положены, материалы специализированных минералого-геохимических исследований пород фундамента и продуктов их переработки на месторождениях Намару, Кореткондинское и Дыбрынское.

Вещественный состав пород исследовался классическими методами оптической диагностики в проходящем и отраженном свете в шлифах и аншлифах, а также с помощью рентгеновской дифрактометрии на приборе D2 Phaser (Bruker AXS GmbH, Томск, аналитик – Д.Г. Усольцев).

Уточнение состава, изучение микровключений акцессорной и рудной минерализации проводились методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) на приборе Hitachi S-3400N с энергодисперсионным спектрометром Bruker XFlash, который позволяет определять элементный состав от Li до U при

содержании элемента более 0.1 вес. % (учебно-научная лаборатория оптической и электронной микроскопии Международного инновационного научно-образовательного центра (МИНОЦ) “Урановая геология” ТПУ.

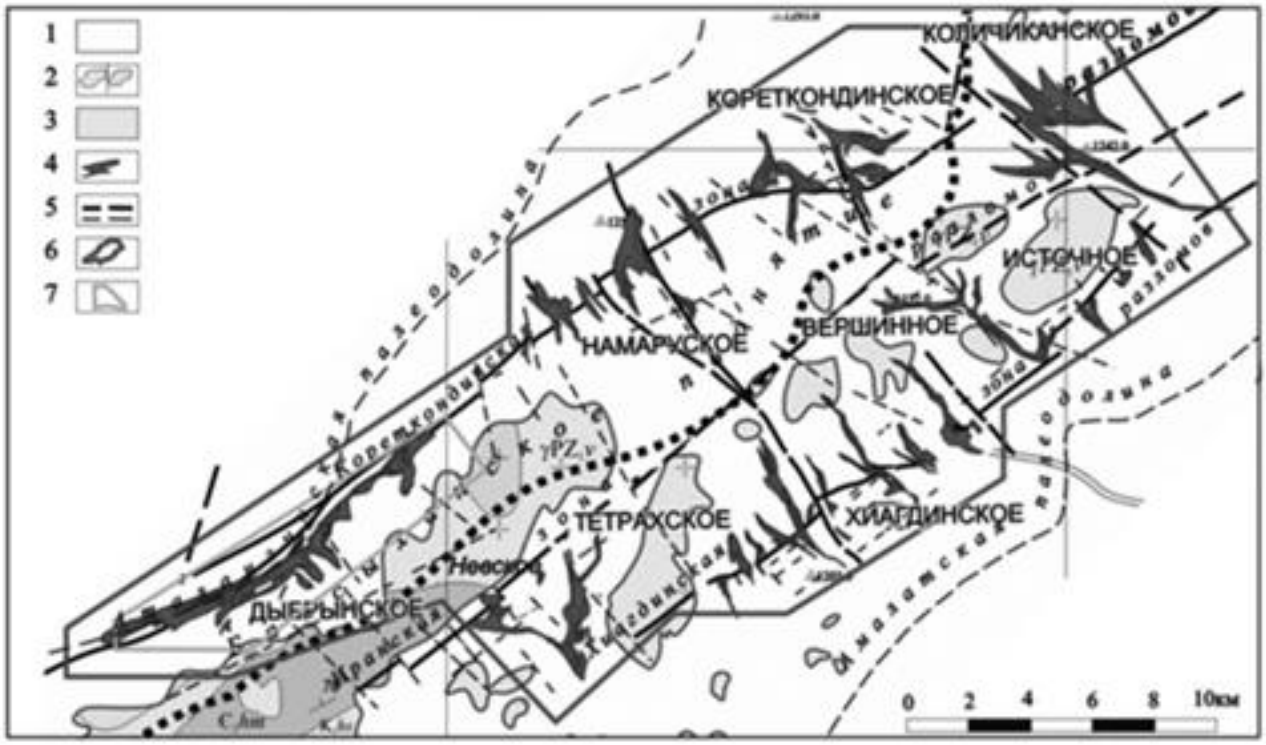


Рисунок 1 – Схематическая геологическая карта Хиагдинского рудного поля (по материалам ЗАО «Русбурмаш»): 1 - неогеновые отложения; 2 - 3 породы фундамента: осадочные (а) и метаморфические (б) (2), гранитоиды (3); 4 - урановорудные залежи месторождений; 5 - разрывные нарушения различного порядка; 6 - контур Хиагдинского рудного поля.

Для определения химического состава был использован высокочувствительный метод масс спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ISP MS) по 60 элементам, в аккредитованной лаборатории ООО Химико-аналитический центр «Плазма», г. Томск (руководитель – Н.В. Федюнина).

Результаты и их обсуждения

К коре выветривания кислых пород приурочены месторождения колумбита, пирохлора, микролита, фергусонита, циркона, циртолита, гентгельвина, ксенотима, эвксенита, касситерита, вольфрамита, каолина и других глинистых пород; кварц-полевошпатовые пески, щелочные каолиниты, бокситы и другие полезные ископаемые.

Редкометаллоносные коры выветривания чаще всего формировались на метасоматически измененных субщелочных гранитах и связанных с ними зонах щелочного метасоматоза во вмещающих породах [2].

Кора выветривания на месторождениях Хиагдинского рудного поля сформирована по породам фундамента, которые представлены высокорадиоактивными лейкократовыми гранитами субщелочного ряда.

В рассматриваемом нами районе исследования кора выветривания по породам фундамента развивалась в течении продолжительного времени. Процессы выветривания происходили в условиях аридного климата в эоцене, в олигоцене преобладал гумидный [4]. Изменение климатических условий привели к увеличению мощности коры и оказали влияние на состав глинистых минералов. Отсутствие полного профиля коры выветривания на месторождениях Хиагдинского рудного поля обусловлено денудационными процессами начавшимися в олигоцене в ходе тектоно - магматической активизации.

Изученная кора выветривания представлена нелитифицированными или слабо литифицированными осадками по минералогическому и гранулометрическому признакам выделяются следующие петрографические разновидности отложений: песчаные и дресвяно-песчаные. Под микроскопом они характеризуются близким минералогическим составом: 1) кварц-полевошпатовые без примеси органики и пирокластики, которые можно интерпретировать как продукт слабо перемещенной переотложенной коры выветривания по субщелочным лейкогранитам; 2) кварц-полевошпатовые с незначительной примесью (до 1…2%) органики и пирокластики, которые можно интерпретировать как перемещенную кору выветривания по субщелочным лейкогранитам; 3) кварц-полевошпатовые с примесью (до 7…10%) органики и пирокластики, которые можно интерпретировать как продукт смешения перемещенной коры выветривания по субщелочным лейкогранитам.

В обломочном составе песчаных отложений преобладают кварц и полевые шпаты в соотношении 1:2. Состав кор выветривания: кварц 10…25%, плагиоклаз от 7…10 до 20…25%, калишпат широко варьирует: от 10 до 35%, реликты зерен биотита до 1…2%, обломки гранитов до 2…3%, примесь пирокластики и органических остатков. Из акцессорных минералов гранита в песках постоянно отмечается циркон и сфен. Рудные минералы в песках представлены дисульфидами железа. В цементе песков отмечены микроконкреции пирита (по данным оптической диагностики и рентгеновской дифрактометрии).

В процессе электронно-микроскопического анализа в коре выветривания обнаружена урановая минерализация, представленная кальциевым фосфатом урана (нингиоит?) (рисунок 2) размером до 3…5 мкм, микрокристаллы с достаточно четко проявленными гранями не редко в тесной связи с сульфидами железа. Примесь урана обнаружена в составе фосфатов редких земель (U до 2%) (рисунок 3) и с оксидом циркония (U до 6%) (рисунок 4).

Еще одной отличительной особенностью является форма нахождения сульфидов железа (пирита ?) в гранитоидах и корах выветривания по ним. В гранитоидах фундамента сульфиды железа встречаются в виде вкраплений небольших кристаллов и агрегатов, однако при исследовании кор выветривания

повсеместно обнаружены скопления фрамбоидального пирита (рисунок 5), что может быть обусловлено разложением органического вещества вследствие бактериальной сульфатредукции [1,7].

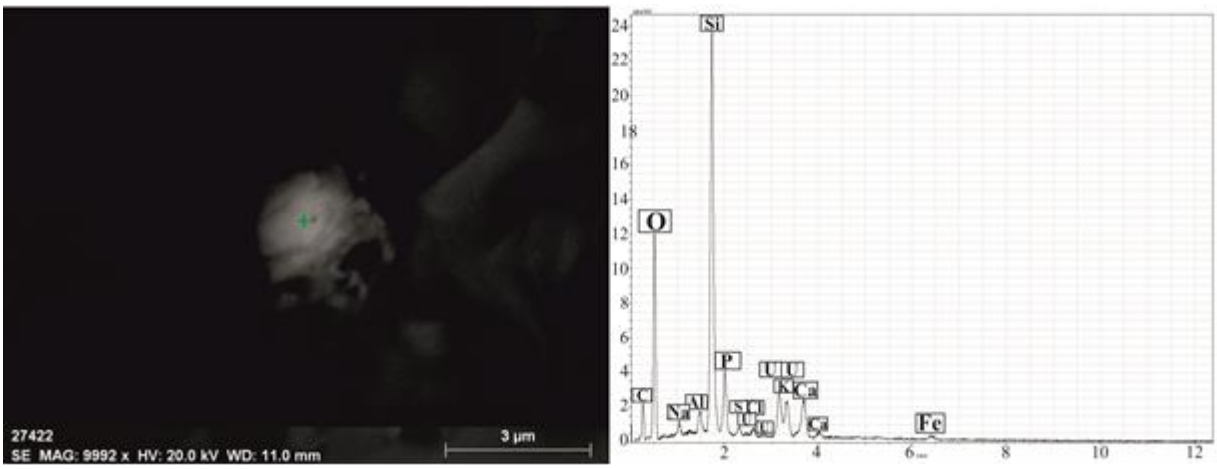


Рисунок 2 – Месторождение Дыбрынское. С-5263, инт. 121,7…122,0 м. Кальциевый фосфат урана и его энергодисперсионный спектр

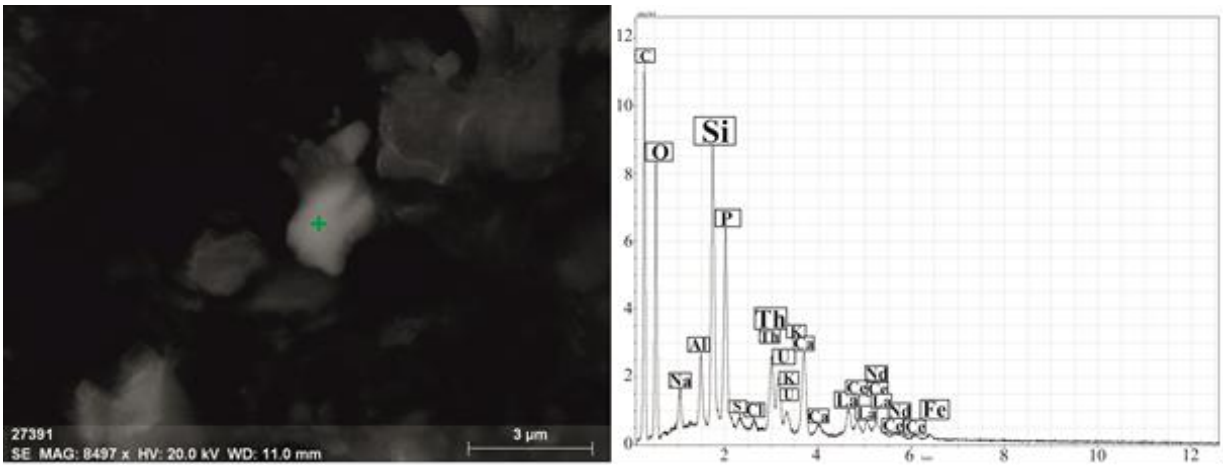


Рисунок 3 – Месторождение Дыбрынское. С-5263, инт. 121,7…122,0 м. Урансодержащий фосфат редких земель и его энергодисперсионный спектр

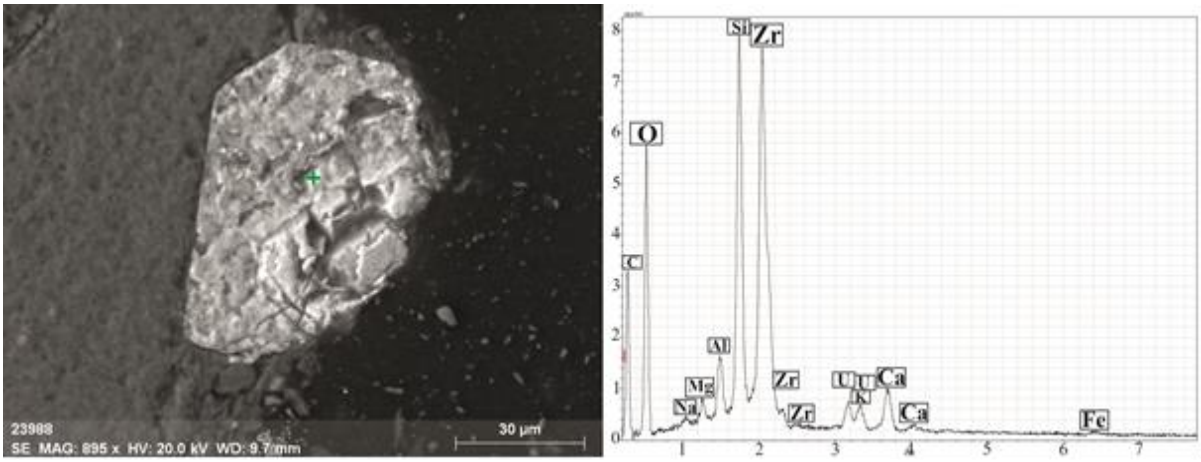


Рисунок 4 – Месторождение Кореткондинское. С-5632, инт. 285,4…285,8 Урансодержащий оксид циркония и его энергодисперсионный спектр

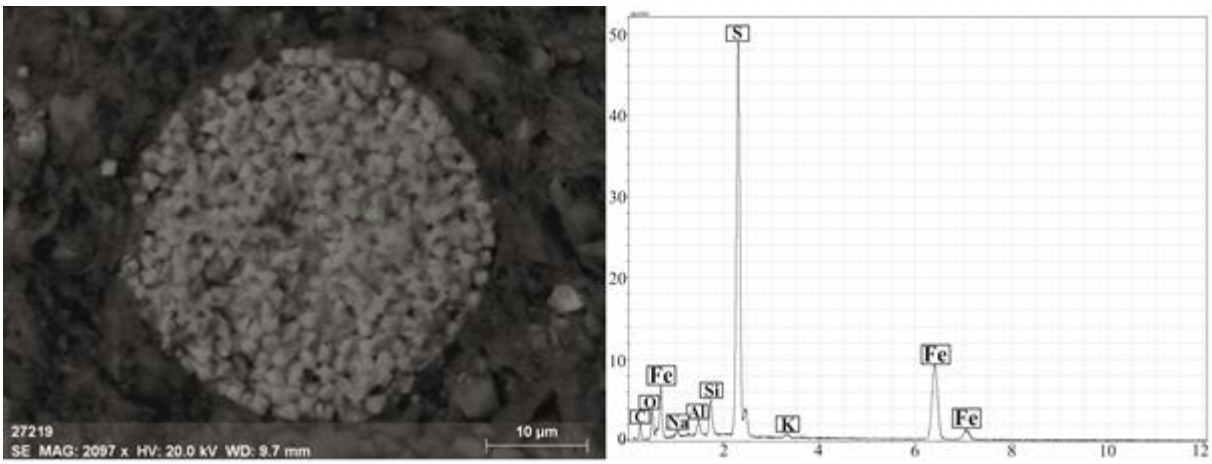


Рисунок 5 – Месторождение Намару. С-5423, инт. 304,2…304,3
Фрамбоидальный оксид железа (пирит?) и его энергодисперсионный спектр

Анализ диаграммы вариаций урана и тория (рисунок 6) по данным ICP-MS показывает, что гранитоиды фундамента и коры выветривания по ним характеризуются высокой радиоактивностью торий-урановой и урановой природы.

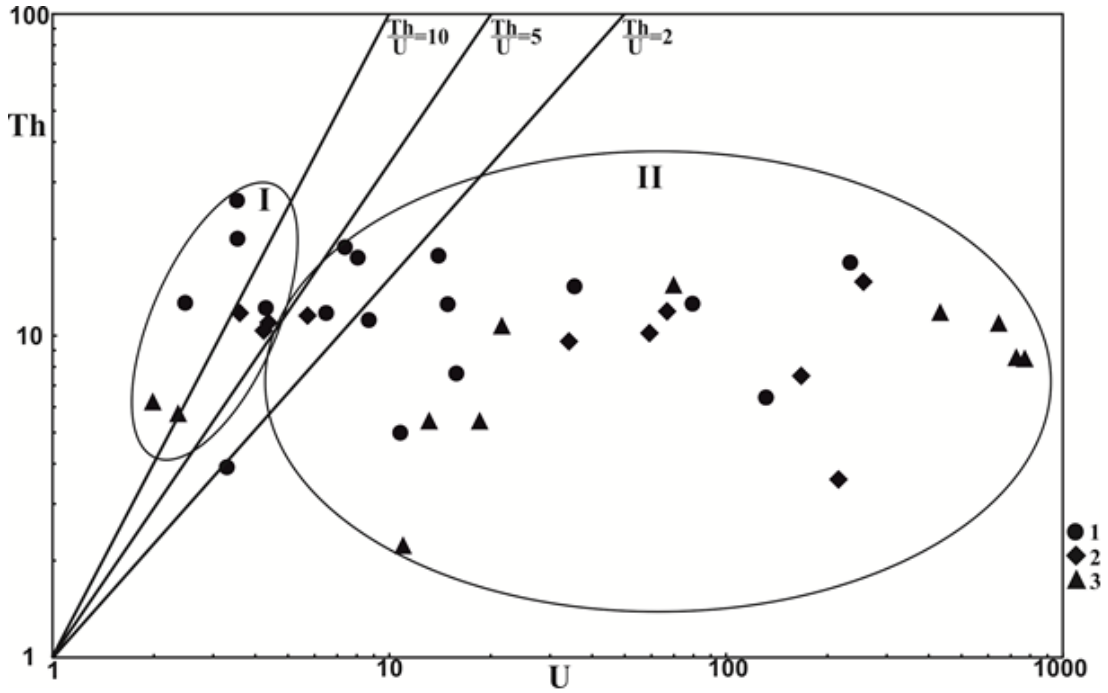


Рисунок 6 – Диаграмма вариаций содержания урана и тория (по Л.В. Комлеву, с дополнением А.А. Смыслова): I – повышеннорадиоактивные граниты; II – высокорадиоактивные существенно ураноносные граниты. 1 – гранитоиды фундамента; 2 – слабоперемещенная кора выветривания; 3 – перемещенная кора выветривания

Заключение

С использованием современных методов исследований вещества выполнены исследования гранитоидов и кор выветривания месторождений Хиагдинского рудного поля. Результаты выполненных исследований позволяют

сделать следующие выводы:

- гранитоиды фундамента представлены лейкократовыми биотитовыми гранитами субщелочного ряда;
- в процессе гипергенных преобразований по гранитоидам формируется кора выветривания в составе которой преобладают: кварц и полевые шпаты в соотношении 1:2, калишпат, обломки гранитов, пирокластика, органические остатки, что свидетельствует об аридных условиях её формирования;
- в составе коры выветривания акцессорные и рудные минералы представлены сфеном, цирконом, монацитом, нингиоитом;
- в результате общего поднятия региона в ходе денудационных процессов значительная часть коры была смыта и переотложена в палеодолинах;
- по характеру перемытости и окатанности материала можно выделить отложения слабоперемещённой и перемещённой коры выветривания;
- минеральный состав породообразующих компонентов, рудной минерализации (сфен, циркон, монацит, нингоит), торий урановое отношение (от 0,01 до 3) коры свидетельствуют об унаследованности составов отложений палеодолин и гранитоидов, как источников этих отложений.

Исходя из вышеизложенного материала нами сделан вывод, что гранитоиды фундамента Витимского района могут являться источником вещества для месторождений урана палеодолинного типа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Астафьева М.М., Розанов А.Ю., Хувер Р. Фрамбоиды: их структура и происхождение // Палеонтологический журнал. 2005. № 5. С. 1-7.
2. Бурмин Ю.А. Эпохи корообразования и элювиальные россыпи. Москва Недра, 1988. 253 с.
3. Коченов А.В., Халдей А.В. К вопросу об источниках урана в экзогенных эпигенетических месторождениях // Литология и полезные ископаемые. 1997. № 4. С. 371-378.
4. Логачев Н.А., Флоренсов Н.А. Байкальская система рифтовых долин // В кн.: Роль рифтогенеза в истории Земли. Новосибирск: Наука, 1977. С. 19-29.
5. Лучинин И.Л., Пешков П.А., Дементьев П.К. Месторождения урана в палеодолинах Зауралья и Забайкалья // Разведка и охрана недр. 1992. № 5. С. 12-15.
6. Никитина Е.С., Прохоров Д.А. Закономерности локализации оруденения, минеральный состав руд и рудовмещающих пород уранового месторождения Кореткондинское (Витимский урановорудный район) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2012. № 6. С. 44-50.
7. Borkow P.S., Babcock L.E. Turning Pyrite Concretions Outside-In: Role of Biofilms in Pyritization of Fossils // The Sedimentary Record. 2003. № 4. P. 4.

УДК 669.184.244.66

В.В. Солоненко[1], Е.В. Протопопов[1], А.Г. Чернятевич[2], М.В. Темлянцев[1]

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОМАССООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОМ ПОДОГРЕВЕ МЕТАЛЛОЛОМА В КОНВЕРТЕРЕ

[1]ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк
[2]Институт черной металлургии им. З.И. Некрасова НАН Украины, г. Днепропетровск

В течение последнего времени ведущие российские и зарубежные металлопроизводители широко используют предварительный подогрев шихтовых материалов, в том числе металлолома при выплавке стали в конвертерах и дуговых сталеплавильных печах [1 – 4]. Основная цель его применения – улучшение теплового баланса плавки, сокращение расхода жидкого чугуна, удельных энергозатрат и соответствующее снижение себестоимости металла. Подогрев металлолома так же способствует повышению металлургического качества стали, снижению количества неметаллических включений, газонасыщенности металла. В процессе подогрева лома происходит удаление влаги, выгорание масел, и т.д.

В кислородно-конвертерном производстве нашли применение различные способы предварительного подогрева металлолома [5]: посредством сжигания углеродсодержащих материалов (например угля присаживаемого непосредственно в конвертер) [6 – 8], в процессе факельного торкретирования [9] и посредством использования боковых топливо-кислородных фурм с применением пылевидного или газообразного топлив [10].

В соответствии с современными представлениями предварительный подогрев лома в агрегате в первую очередь целесообразно применять в тех конвертерных цехах, где существует возможность повышения производительности агрегатов или имеют место значительные по времени вынужденные простои. Вместе с тем, выполнение такой операции значительно упрощает требования, предъявляемые к используемому в конвертерной плавке металлолому. В этом случае предпочтительней использование легковесного лома как материала с высокой удельной поверхностью, пропорционально которой возрастает и тепловосприятие от факела сжигаемого топлива к лому.

Одним из существенных недостатков такой технологии является снижение на 20 – 30 % стойкости футеровки конвертеров, при этом цикл плавки удлиняется обычно на время продолжительности подогрева лома.

Нагрев металлолома, находящегося в полости конвертера реализуется посредством конвекции и излучения, при этом основными источниками тепла являются газы – продукты сгорания топлива (твердого или газообразного) и горячая футеровка агрегата. Для разработки рациональных и оптимальных параметров технологии конвертерной плавки с предварительным подогревом металлолома необходимы данные о динамике теплового состояния нагреваемого лома, влиянии на него условий и параметров теплогенерации, позволяющие определить продолжительность периода предварительного подогрева, расходы топлива и окислителя, тепловую эффективность процесса и др. В связи с этим особую актуальность приобретает создание комплексных математических моделей, позволяющих исследовать указанные процессы.

Для решения таких задач разработана комплексная детерминированная математическая модель тепломассообменных процессов, протекающих при предварительном подогреве металлолома [5 – 11].

Решение задачи теплопроводности в слое нагреваемого лома основано на применении дифференциального уравнения теплопроводности:

$$c(r,z,t)\rho(r,z)\frac{\partial t(r,\tau)}{\partial \tau} = \frac{1}{r^{\gamma}}\frac{\partial}{\partial r}\left[r^{\gamma}\lambda(r,z,t)\frac{\partial t(r,\tau)}{\partial \tau}\right], \qquad (1)$$

где c – удельная теплоемкость; r, z – координаты расчетной ячейки; t – текущая температура расчетной области; ρ – плотность; τ – время; γ – коэффициент формы (в данном случае использовали цилиндрическую систему координат); λ – коэффициент теплопроводности.

При постановке задач моделирования сделаны следующие допущения:

1. Загруженный в конвертер металлический лом принимали как сплошное пористое тело с расчетными теплофизическими свойствами. Действительную (эффективную) теплоемкость лома определяли по соотношению:

$$c_{э.л} = c_л\,(1 - P_л), \qquad (2)$$

где $c_л$ – теплоемкость лома; $P_л$ – порозность лома в долях единицы.

Значение $c_л$, Дж/(кг·К) рассчитывали по соотношению:

$$c_л = 487{,}955 + 0{,}192\cdot t_л - 103\cdot[C] + 130\cdot[C]^2, \qquad (3)$$

здесь [C] – содержание углерода в ломе, %; $t_л$ – температура лома, °С.

Коэффициент теплопроводности шихты ($\lambda_ш$) определяли с учетом допущения, что 2/3 теплового потока проходит вдоль, а 1/3 – поперек прослоек в насыпном ломе. Причем в первом случае

$$\lambda_ш = \lambda_л \cdot [1 - (1 - \lambda_{п.г}/\lambda_л)\cdot P_л], \qquad (4)$$

а во втором

$$\lambda_{ш} = \frac{\lambda_{л}}{1 + (\lambda_{л} / \lambda_{п.г} - 1) \cdot P_{л}}, \quad (5)$$

здесь $\lambda_л$ и $\lambda_{п.г}$ – коэффициенты теплопроводности лома и газовых прослоек.

Теплопроводность лома рассчитывали по формуле:

$$\lambda_л = 45{,}79 – 0{,}0555 \cdot t_л + 2{,}4 \cdot 10^{-5} \cdot t^2_л – 6{,}323 \cdot [C] + 75{,}586 \cdot [Mn] – 83 \cdot [Mn]^2, \quad (6)$$

здесь $t_л$ – температура лома, °С; [Mn] – содержание марганца в ломе, %.
При расчете значения $\lambda_л$ учитывали излучение внутри газовых прослоек: $\lambda_{п.г} = \lambda_{о.г} + \lambda_л$ – коэффициент теплопроводности отходящих газов, Вт/(м·К).

При расчете температурных полей в футеровке агрегата принимали, что плотность огнеупоров составляет 2900 кг/м^3, а теплопроводность ($\lambda_ф$) и теплоемкость ($c_ф$) рабочего слоя кладки определяли в соответствии с выражениями:

$$\lambda_ф = 6{,}3 – 0{,}0025 \cdot t_ф, \quad (7)$$

$$c_ф = 1072 + 0{,}27 \cdot t_ф, \quad (8)$$

где $t_ф$ – текущая температура футеровки, °С.

Вследствие высокой температуропроводности материала корпуса конвертера в расчете не учитывается. На поверхности футеровки конвертера заданы условия теплообмена естественной конвекцией (граничные условия третьего рода). На границе поверхности лом-футеровка заданы граничные условия четвертого рода.

«Избыточную» теплоту в рассматриваемом объеме лома определяли как разность между поступившей и отданной теплотой. При этом масса возможно расплавившегося лома (Δm) в расчетном объеме составит

$$\Delta m = c_л \cdot \rho_л \cdot \Delta V \cdot t_л / q_{пл.л}, \quad (9)$$

здесь $\rho_л$ – плотность лома, кг/м^3; ΔV – объем рассматриваемого элемента, м^3; $\Delta t_л = t_л - t_{пл.л}$ – разность между «избыточной» температурой элементарного объема и температурой плавления лома; $q_{пл.л}$ – скрытая теплота плавления лома, Дж/кг.

Для определения значения $q_{пл.л}$, Дж/кг в расчетах используется выражение:

$$q_{пл.л} = 253{,}38 - 58{,}06[C] + 136{,}93[Mn] - 3{,}78[C][Mn] - 0{,}08[C]^2 - 125{,}77[Mn]^2, \quad (10)$$

Значение температуры плавления лома ($t_{пл.л}$, °С) рассчитывали по формуле:

$$t_{пл.л} = 1537 - (88[C] + 8[Si] + 5[Mn] + 4[Ni] + 5[Cu] + 2[Mg] + 2[V] + 1{,}5[Cr] + 25[S] + 30[P]), \quad (11)$$

в которой […] обозначает содержание соответствующего химического элемента в ломе, %.

Из выражения (9) видно, что как только суммируемая во времени величина Δm постоянной температуре элементарного расчетного объема, равной $t_{пл.л}$ достигнет массы расчетного объема, можно утверждать, что весь материал рассматриваемого объема переходит в жидкое состояние. Алгоритмом задачи предусмотрено, что граничные условия, соблюдавшиеся для «исчезнувшего» объема, переносятся полностью на объемы окружающие. Принято, что металл «исчезнувшего» объема заполняет нижерасположенные объемы (прослойки лома) с соответствующим изменением их теплофизических характеристик.

Среднемассовую температуру всего количества металлолома ($t_{л.ср}$) рассчитывали по балансовому уравнению:

$$t_{л.ср} = \frac{t_{пл.л} \cdot c_{л.ж} \cdot m_{л.ж} + \frac{\sum (t \cdot \Delta V)_{ij}}{V_л} \cdot c_{л.т} \cdot m_{л.т}}{c_{л.ж} \cdot m_{л.ж} + c_{л.т} \cdot m_{л.т}}, \qquad (12)$$

в котором $c_{л.ж}$ и $c_{л.т}$ – теплоемкость жидкого и твердого лома Дж/(кг·К); $m_{л.ж}$ и $m_{л.т}$ – массы жидкой и твердой составляющих лома, кг; $V_л$ – объем лома, м^3; ij – индекс расчетного рассматриваемого элемента объема ΔV.

При моделировании подогрева лома в полости конвертера теплообмен ($Q_л$) между серым газом и серой тепловоспринимающей поверхностью описывается уравнением:

$$Q_л = \{c_{г\text{-}ф\text{-}л} \cdot [((t_ф+273)/100)^4 - ((t_л+273)/100)^4] + \alpha_ф \cdot (t_ф - t_л)\} \cdot F_л, \qquad (13)$$

здесь $c_{г\text{-}ф\text{-}л}$ – приведенный коэффициент излучения системы газ-кладка-лом; $\alpha_ф$ – коэффициент теплоотдачи конвекцией, Вт/(м^2·К); $F_л$ – площадь поверхности нагрева лома.

$c_{г\text{-}ф\text{-}л}$ определяли по соотношению

$$c_{г-ф-л} = \frac{\varphi^{o}_{ф-л} \cdot (1-\varepsilon_г) + 1}{\varphi^{o}_{ф-л} \cdot (1-\varepsilon_г)[\varepsilon_л + \varepsilon_г(1-\varepsilon_л)] + \varepsilon_г}, \qquad (14)$$

в котором $\varphi^{o}_{ф-л} = E_л/E_ф$ – угловой коэффициент переноса энергии излучения на поверхность лома, Вт/(м^2·К); $F_ф$ – площадь внутренней поверхности футеровки конвертера; $\varepsilon_г$ и $\varepsilon_л$ – степень черноты газовой среды и поверхности лома.

Значение $\alpha_ф$ рассчитывали по выражению:

$$\alpha_ф = KW^{0,8}, \qquad (15)$$

где К – коэффициент, при температурах нагреваемой поверхности лома 200 – 800 °С и 700 – 1000 °С равный соответственно 1,2 и 1,7; W – скорость нагретых газов в рабочем пространстве конвертера, м/с.

Для определения параметров факела необходимо определить координаты нижней границы струи при условии равенства динамических напоров встречных потоков. С целью нахождения распределения скоростных характеристик по оси дозвуковой струи использовали уравнение:

$$\frac{W_y}{W_0} = \frac{0{,}96}{2ay / d_{вых} + 0{,}29}, \qquad (16)$$

где W_y и W_0 – скорость потока на расстоянии y от сопла и начальная скорость струи; a = 0,066÷0,076 – эмпирический коэффициент; $d_{вых}$ – выходной диаметр сопла.

На расстоянии, намного превышающем ядро начальных скоростей и диаметр сопла, использовали соотношение:

$$\frac{W_y}{W_0}\frac{y}{d_{вых}} = \frac{0{,}48}{a}, \qquad (17)$$

а для расчета скорости газового потока в поперечном сечении струи – уравнение:

$$\frac{W_x}{W_y} = \left[1 - \left(\frac{x}{b}\right)^{3/2}\right]^2, \qquad (18)$$

здесь W_x – скорость потока на расстоянии x от оси струи; b – радиус струи в данном сечении при условии, что $b = 2{,}27 \cdot x_c$ – расстояние по радиусу струи до точки, в которой скорость потока равна половине ее максимального значения по оси струи.

При решении задачи нестационарной теплопроводности использовали модифицированный метод элементарных тепловых балансов с расщеплением по направлениям. С целью улучшения устойчивости расчетной схемы для решения задачи применена неявная разностная схема, решаемая методом прогонки.

Для учета особенностей различных способов предварительного подогрева металлолома разработано несколько модификаций математической модели. Настройку и верификацию математической модели проводили с использованием результатов промышленных экспериментов. Принимая во внимание комплексность математической модели, возможность учета взаимосвязи факторов и процессов, имеющих различную физическую природу, а также ее область применения и назначение, модель признана достоверной, а ее точность удовлетворительной для прогнозных и инженерных расчетов.

На основе разработанной модели проведены серии многовариантных расчетов для исследования зависимости средней температуры поверхности лома от его насыпной плотности, вида и расходов топлива, используемого для подогрева, перекантовок конвертера, а так же температурного режима футеровки при подогреве лома [5 – 11]. Для практического применения разработана серия номограмм. На рисунке [11] в качестве примера представлена номограмма, позволяющая определить среднемассовую температуру нагрева лома различного состава по истечении 5 мин подогрева посредством сжигания природного газа (а) и порошкообразного угля (*б*) в вертикально расположенном 160-т конвертере.

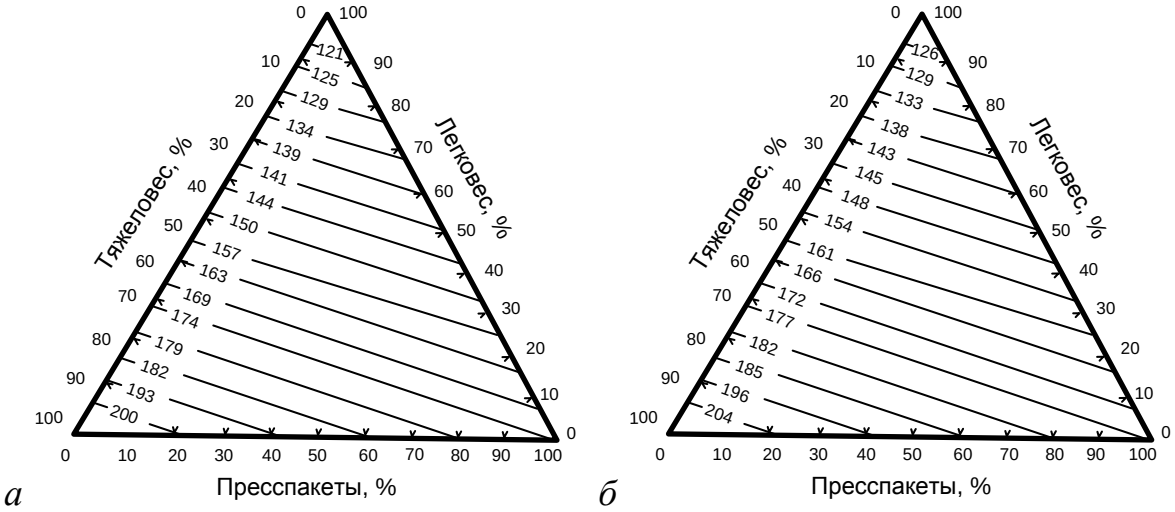


Рисунок 1 – Зависимость среднемассовой температуры нагрева лома различного состава по истечении 5 мин подогрева посредством сжигания природного газа (а) и порошкообразного угля (*б*) в вертикально расположенном 160-т конвертере

Выводы

Для разработки рациональных и оптимальных параметров технологии конвертерной плавки с предварительным подогревом металлолома разработана комплексная детерминированная математическая модель тепломассообменных процессов, позволяющая рассчитывать среднюю температуру поверхности лома в зависимости от его насыпной плотности, вида и расходов топлива, используемого для подогрева, перекантовок конвертера, а так же исследовать температурный режим футеровки при подогреве лома.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кудрин В.А. Теория и технология производства стали. – М.: «Мир», ООО «Издательство АСТ», 2003. – 528 с.
2. Бойченко Б.М., Охотський В.Б., Харлашин П.С. Конвертерне

виробництво сталі: теорія, технологія, якість сталі, конструкції агрегатів, реціркуляція матеріалів І екологія: Підручник. – Дніпропетровськ: РВА «Дніпро-ВАЛ», 2006. – 454 с.

3. Поволоцкий Д.Я. Основы технологии производства стали. – Челябинск: ЮУрГУ, 2004. – 202 с.

4. Медведская Е.В., Темлянцев М.В. Практика и перспективы топливо-кислородного подогрева металлолома в дуговых сталеплавильных печах / Вестник горно-металлургической секции Российской академии естественных наук. Отделение металлургии. 2009. № 24. С. 33-39.

5. Нугуманов Р.Ф., Протопопов Е.В., Чернятевич А.Г. Перспективные технологии предварительного подогрева лома в полости конвертера / Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2009. № 2. С. 63-66.

6. Нугуманов Р.Ф., Протопопов Е.В., Чернятевич А.Г. Численное моделирование предварительного нагрева лома в конвертере с использованием кускового угля / Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2008. № 6. С. 15-19.

7. Нугуманов Р.Ф., Протопопов Е.В., Чернятевич А.Г. Высокотемпературное и численное моделирование предварительного подогрева лома в конвертере с использованием кускового угля / Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2011. № 4. С. 61-66.

8. Повышение эффективности применения твердого топлива для снижения расхода чугуна в конвертерах / Р.Ф. Нугуманов, Е.В. Протопопов, Е.П. Волынкина и др. // Вестник горно-металлургической секции Российской академии естественных наук. Отделение металлургии. 2007. № 18. С. 49-56.

9. Нугуманов Р.Ф., Протопопов Е.В., Чернятевич А.Г. Изучение особенностей воспламенения и горения углей в процессе предварительного подогрева лома в конвертере / Вестник горно-металлургической секции Российской академии естественных наук. Отделение металлургии. 2008. № 21. С. 55-63.

10. Численное моделирование предварительного подогрева лома в процессе факельного торкретирования футеровки конвертеров / Р.Ф. Нугуманов, Е.В. Протопопов, А.Г. Чернятевич и др. //Вестник горно-металлургической секции Российской академии естественных наук. Отделение металлургии. 2011. № 27. С. 50-63.

11. Высокотемпературное и численное моделирование процесса предварительного подогрева лома в полости конвертера боковыми топливно-кислородными фурмами / Р.Ф. Нугуманов, Е.В. Протопопов, А.Г. Чернятевич и др. // Вестник горно-металлургической секции Российской академии естественных наук. Отделение металлургии. 2011. № 27. С. 63-80.

УДК 669.1:658.567.1

А.П. Подольский[1], А.А. Рыбушкин[1], С.А. Казимиров[1], М.В. Темлянцев[1], В.В. Солдатов[2]

ТЕХНОЛОГИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

[1]Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк
[2]ООО «Технологии рециклинга», г. Новокузнецк

Техногенные месторождения – результат интенсивного развития горнодобывающих, горно-обогатительных и перерабатывающих производств [1]. К настоящему времени на земной поверхности накоплены триллионы кубических метров техногенных отходов. Большинство развитых зарубежных стран эффективно перерабатывают техногенные месторождения, утилизируя отходы производства. Так в Японии подвергается вторичной переработке около 45 % всех отходов, сжиганию – 37 %. В Швеции перерабатывается более 80 % всех видов отходов. С точки зрения переработки железосодержащих отходов в мире разрабатывается несколько перспективных процессов бездоменной металлургии железа [2 – 4].

В России из недр извлечено и находится в отвалах и хвостохранилищах около 80 млрд. т горных пород и отходов переработки полезных ископаемых, ежегодно образуется от 2,7 до 3,9 млрд. т отходов. На металлургических и горно-обогатительных предприятиях Российской Федерации ежегодно образуется более 9 млн. т техногенных железосодержащих отходов. Наибольшее количество отходов накоплено в регионах с развитой горно-добывающей и металлургической промышленностью (Урал, Приморский край, Мурманская, Белгородская, Кемеровская, Тульская области). В настоящее время в Кузбассе накоплено около 3 млрд. т твердых техногенных и бытовых отходов, в том числе более 260 млн. т железосодержащих отходов металлургических предприятий и около 220 млн. т отходов горно-обогатительных фабрик [1, 5 – 7]. В связи с этим особую актуальность приобретают комплексные технологии переработки железосодержащих отходов горно-обогатительного и металлургического производств, обеспечивающие получение товарных продуктов.

Коллективом ученых Сибирского государственного индустриального университета проведена серия исследований, основными задачи которых являлось:

- формирование технологических положений и требований к технологии комплексной переработки железосодержащих отходов горно-обогатительного и металлургического производств с использованием вихревых процессов;
- получение экспериментальных продуктов (материалов) и образцов с заявляемыми качественными характеристиками в результате лабораторных

исследований элементов технологии комплексной переработки железосодержащих отходов горно-обогатительного и металлургического производств;

- исследование экспериментальных продуктов и образцов на соответствие заявляемым качественным показателям.

Проведенные исследования вошли в основу разработки комплексной технологии переработки железосодержащих отходов горно-обогатительного и металлургического производств, особенностями которой являются: учет различия в физических свойствах отходов, организацию последовательно-параллельных стадий разделения отходов в отдельных технологических модулях. Базовыми технологическими процессами в такой комплексной технологии применительно для переработки хвостов обогатительных фабрик являются измельчение и классификация (гранулометрическая, гравитационная, магнитная, электромагнитная, гидроциклонная и аэроциклонная). Продуктами классификации являются: грубопесчаные и легкие силикаты, сульфидный, магнетитовый и гранатовый концентраты, являющиеся ценным техногенным сырьем для производство широкого спектра готовой продукции: выплавки черных и цветных металлов и специальных сплавов, получения огнеупорных, строительных и керамических изделий, агрохимической продукции.

Схема комплексной переработки отходов горно-обогатительного производства с получением товарных продуктов приведена на рисунке.

Отходы горно-обогатительного производства с содержанием общего железа более 10 % подвергаются экскавации, грохочению, грубой классификации. Выделенный продукт класса менее 0,7 мм (≈ 5 % от общего количества) в виде грубопесчаной силикатной части является товарным продуктом для строительной промышленности, применим в качестве балластных материалов и наполнителей (мелкозернистый наполнитель бетона, строительный песок для растворов, наполнитель в асфальтобетонах и пр.).

Коллективные отвальные хвосты класса более 0,7 мм, составляющие до 95 % отходов производств, подвергаются сушке, дроблению и сухой гравитационной классификации, благодаря чему выделяется легкая силикатная шламистая часть хвостов (класс – 0,1 мм, 50 % от общего количества отвала), из которой термическими процессами получают различные строительные материалы и изделия (керамический кирпич, керамическая черепица, керамическая плитка, каменное литье, теплоизоляционные материалы, ячеистый бетон и др.).

Тяжелая рудная часть хвостов подвергается магнитной сепарации с целью выделения магнетитового концентрата с содержанием $Fe_{общ.}$ до 50 % (7 % от количества отвала), который направляется на переработку на основе высокоинтенсивных вихревых процессов. Магнетитовый концентрат может быть переработан в окисленные окатыши или с добавлением связующих и других шлаков - в брикеты. Основная часть полученных брикетов может быть использована при выплавке чугуна в доменных печах, а окисленных окатышей – в кислородно-конверторном процессе.

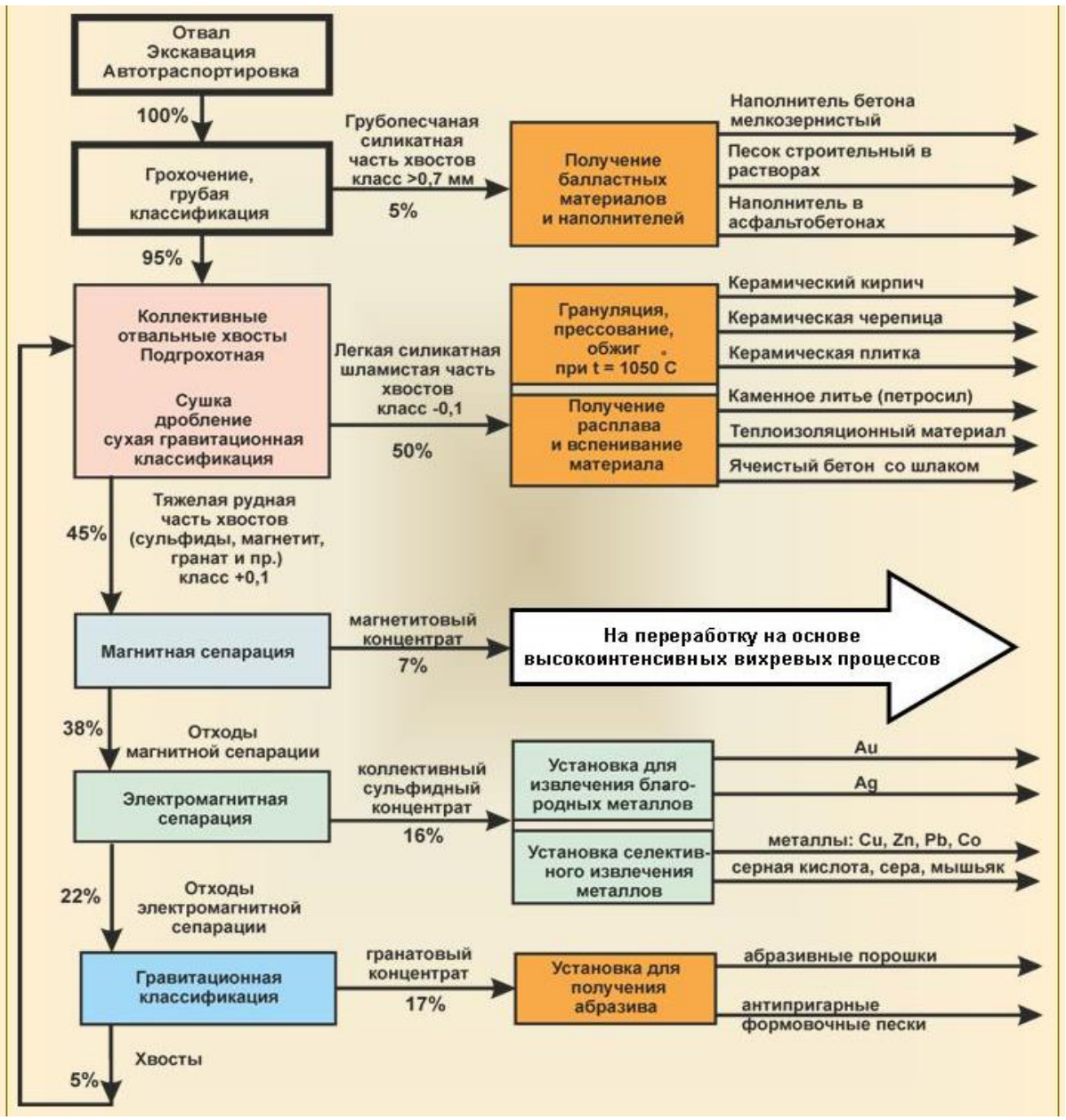


Рисунок 1 – Схема комплексной переработки отходов горно-обогатительных производств с получением товарных продуктов

Отходы магнитной сепарации (38 % от общего количества отходов) электромагнитной сепарацией перерабатываются в коллективный сульфидный концентрат (из которого в последующем извлекаются благородные и цветные металлы и прочие сопутствующие товарные продукты)

Из отходов электромагнитной сепарации (22 %) гравитационной классификацией извлекается гранатовый концентрат, служащий сырьем для получения абразивных изделий и антипригарных формовочных песков.

Хвосты гравитационной классификации (5 %) возвращаются на повторную переработку совместно с коллективными отвальными хвостами.

Разработанная технология комплексной переработки железосодержащих отходов горно-обогатительного и металлургического производств обеспечивает получение на выходе продукты в виде металлургического сырья и

строительных материалов со следующими качественными параметрами:

- строительные материалы:

кирпич силикатный:

- прочность марка ≥ 100
- морозостойкость ≥ F25
- плотность, кг/м^3 ≥ 1500
- предел прочности:

на сжатие, кгс/см^2 ≥ 100

на изгиб, кгс/см^2 ≥ 20

- водопоглощение, % ≥ 6

- бетон (на основе получаемых минеральных добавок в цемент)

марки, не менее 100;

- металлургическое сырье:
- углерод-металлизированные композиты с содержанием:
  - $Fe_{мет}$, % ≥ 25
  - C , % ≥ 20
- углерод-минеральные композиты с содержанием
  - SiO_2, % ≥ 60
  - C , % ≥ 20

Использование железосодержащих отходов горно-обогатительного и металлургического производств в качестве сырья для производства металлургической продукции и вторичных строительных продуктов позволяет снизить экологическую нагрузку, расширить диапазон сырьевой базы металлургического производства и строительных материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Металлургические технологии переработки техногенных месторождений промышленных и бытовых отходов / С.Н. Кузнецов, Е.П. Волынкина, Е.В. Протопопов, В.Н. Зоря. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 2014. – 294 с.
2. Юсфин Ю.С., Гиммельфарб А.А., Пашков Н.Ф. Новые процессы получения металла. – М.: Металлургия, 1994. – 320 с.
3. Юсфин Ю.С., Пашков Н.Ф. Металлургия железа. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. – 464 с.
4. Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии черной металлургии / Ю.Г. Ярошенко, Я.М. Гордон, И.Ю. Ходоровская и др. – Екатеринбург: ООО «УИПЦ», 2012. – 670 с.
5. Практика и перспективы использования твердых углеродсодержащих отходов в качестве топлива для теплоэнергетических агрегатов / В.И. Багрянцев, С.А. Казимиров, А.И. Куценко, А.П. Подольский, А.А. Рыбушкин, М.В. Темлянцев // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. – 2013. – № 3 (5). – С. 33 – 37.

6. Разработка агрегата и технологии для эффективного сжигания дисперсных отходов углеобогащения во вращающемся потоке воздуха / В.И. Багрянцев, С.А. Бровченко, А.П. Подольский, А.А. Рыбушкин, М.В. Темлянцев, С.А. Казимиров // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. – 2013. – № 4 (6). – С. 36 – 41.

7. Разработка эффективной технологии сжигания отходов углеобогащения для получения тепловой энергии / В.И. Багрянцев, С.А. Бровченко, А.А. Рыбушкин, М.В. Темлянцев, С.А. Казимиров // Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов. – 2015. – № 2. – С. 342 – 345.

УДК 669.184.046.557

С.Н. Кузнецов[1], Е.В. Протопопов[1], А.Г. Чернятевич[2]

КОНВЕРТЕР ЖИДКО-ФАЗНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ – АГРЕГАТ ДЛЯ ПРЯМОГО ЛЕГИРОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА МАРГАНЦЕВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ

[1]Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк
[2] Институт черной металлургии им. З.И. Некрасова НАН Украины, г. Днепропетровск

Современное развитие теории и технологии конвертерной плавки открывает реальные перспективы решения сложных технологических и экологических задач, связанных с переработкой в конвертерах способом жидкофазного восстановления железо- и марганецсодержащего сырья, а также широкого спектра металлургических отходов [1, 2].

Анализ современных разработок в конвертерном производстве показывает, что к наиболее интересным техническим решениям, направленным на повышение степени извлечения марганца, можно отнести различные технологии предварительной обработки жидкого чугуна для дальнейшего передела и распространение малошлакового конвертерного процесса с вдуванием (или подачей в кусковом виде) в агрегат марганцевой руды. Такие технологии дают значительный экономический эффект благодаря сокращению удельного расхода марганецсодержащих ферросплавов при раскислении стали.

Например, в практике работы металлургических предприятий Японии и Ю.Кореи [3-5] получили развитие варианты конвертерного процесса предварительно рафинированного по вредным примесям жидкого чугуна с присадкой по ходу продувки кускового марганецсодержащего сырья (богатой руды или агломерата), используемого совместно с ломом в качестве охладителя операции. При этом обеспечивается повышение содержания марганца в металле перед выпуском из конвертера до 0,3-0,6 % благодаря развитию жидкофазного восстановления оксидов марганца растворенным в расплаве

углеродом, а также углеродом добавок кокса или энергетического угля. В данном случае наименее ресурсо- и энергозатратным приемом обеспечения необходимой концентрации марганца в металлическом полупродукте по окончании кислородной продувки может быть вдувание порошкообразных марганцевой руды или концентрата в чистом виде или в смеси с различными шлакообразующими и углеродсодержащими материалами [5]. В то же время, по нашему мнению, более надежным способом продолжает оставаться присадка в агрегат в ходе продувки в кусковом виде марганец- и углеродсодержащего сырья и шлакообразующих материалов. При этом в любом случае, для обеспечения промышленной переработки в конвертере марганецсодержащего сырья, наряду с металлическим ломом при получении удовлетворительных технико-экономических показателей необходимо, прежде всего, усовершенствовать известные варианты продувки и фурменные устройства в направлениях увеличения приходной части теплового баланса плавки и обеспечения высокой стойкости футеровки агрегата.

В случае вдувания в конвертер через верхнюю фурму порошкообразного марганецсодержащего сырья в составе смесей с углеродсодержащими и флюсующими материалами, процессы непосредственного восстановления марганца из его оксидов с точки зрения механизма сводятся к взаимодействию фаз, находящихся, как правило, в трех агрегатных состояниях – твердом, жидком и газообразном. При этом твердых фаз может быть несколько (марганецсодержащая шихта, углеродсодержащее топливо, флюсующие), а жидких – две (металлический и шлаковый расплавы).

Возможная схема процессов в рабочем пространстве конвертера при вдувании порошков марганцевых руд или концентратов представлена на рис.1. В данном случае можно выделить четыре основные зоны, где может протекать восстановление вдуваемого в потоке технологических газов марганецсодержащего сырья через разработанные конструкции кислородных фурм [6] (рис. 2), обеспечивающие также частичное дожигание отходящих газов в полости агрегата:

зона 1 – поверхность контакта внедряющихся в ванну частиц марганецсодержащих, углеродсодержащих и шлакообразующих материалов с инжектированными в кислородно-порошковые струи объемами металла в пределах первичной реакционной зоны ($I_{р.з.}$);

зона 2 – поверхность контакта всплывающих частиц марганецсодержащих, углеродсодержащих, шлакообразующих материалов и шлаковых капель с металлом в пределах вторичной реакционной зоны ($II_{р.з.}$) при взаимодействии кислородно-порошковых струй с металлическим расплавом;

зона 3 – поверхность контакта со шлаковым расплавом в объеме вспененной шлакометаллической эмульсии взвешенных частиц марганецсодержащих и углеродсодержащих материалов, металлических корольков и шлаковых капель, поступивших из пределов вторичной реакционной зоны ($II_{р.з.}$) в объеме ванны;

зона 4 – условная поверхность контакта на границе раздела вспененной шлакометаллической эмульсии и металлической ванны.

Тогда можно предположить, что в пределах первичной реакционной зоны, а именно зоны I при внедрении кислородно-порошковых струй в жидкий металл (чугун, железоуглеродистый расплав) получают развитие реакции сжигания эжектированных в окислительные струи капель металла с преимущественным образованием монооксида железа 3

$$[Fe] + ½ \{O_2\} = (FeO) \quad (1)$$

а также окислением (перераспределением) примесей (Si, Mn, C, P, S) в сложном соответствии с атомными долями, химическим сродством к кислороду и поверхностной активностью различных элементов:

$$[Si] + \{O_2\} = (SiO_2) \quad (2)$$

$$[Mn] + ½ \{O_2\} = (MnO) \quad (3)$$

$$[C] + ½ \{O_2\} = (CO) \quad (4)$$

$$2[P] + 2,5 \{O_2\} = (P_2O_5) \quad (5)$$

$$[S] + \{O_2\} = (SO_2) \quad (6)$$

В интервале температур первичной реакционной зоны I (1900-2100 °C) также происходит термическая диссоциация преобладающей части оксидов марганца:

$$4\ MnO_{2(т)} = 2\ Mn_2O_{3(т)} + \{O_2\}; \quad (7)$$

$$6\ Mn_2O_{3(т)} = 4\ Mn_3O_{4(т)} + \{O_2\}; \quad (8)$$

$$2\ Mn_3O_{4(т)} = 6\ MnO_{(т)} + \{O_2\}; \quad (9)$$

В случае вдувания порошкообразных смесей марганецсодержащих и углеродсодержащих материалов в пределах первичной 1 и вторичной 2 реакционных зон (рис. 1) возможно развитие реакций:

– растворения углерода в металле, горения и газификации твердого углерода

$$\left.\begin{aligned} &C_т \rightarrow [C], \\ &C_т + ½ \{O_2\} = \{CO\}, \\ &C_т + \{O_2\} = \{CO_2\}, \\ &C_т + \{CO_2\} = 2\{CO\}, \end{aligned}\right\} \quad (10)$$

– косвенного восстановления оксидов марганца монооксидом углерода

$$2(MnO_2) + \{CO\} = (Mn_2O_3) + \{CO_2\}, \quad (11)$$

$$3(Mn_2O_3) + \{CO\} = (Mn_3O_4) + \{CO_2\}, \quad (12)$$

$$(Mn_3O_4) + \{CO\} = 3(MnO) + \{CO_2\}, \quad (13)$$

– прямого восстановления оксидов марганца твердым углеродом

$$2(MnO_2) + C_т = (Mn_2O_3) + \{CO\}, \quad (14)$$

$$3(Mn_2O_3) + C_т = 2(Mn_3O_4) + \{CO\}, \quad (15)$$

$$(Mn_3O_4) + C_т = 3(MnO) + \{CO\}, \quad (16)$$

$$(MnO) + C_т = [MnO] + \{CO\}, \quad (17)$$

В пределах вторичной реакционной зоны 2 возможно протекание следующих окислительных восстановительных реакций:

$$[Si] + 2(FeO) \leftrightarrow (SiO_2) + 2[Fe]; \quad (18)$$

$$[Mn] + (FeO) \leftrightarrow (MnO) + [Fe]; \quad (19)$$

$$[C] + (FeO) \leftrightarrow \{CO\} + [Fe]; \quad (20)$$

$$2[P] + 5(FeO) \leftrightarrow (P_2O_5) + 5[Fe]; \quad (21)$$

$$2(MnO) + [Si] = 2[Mn] + (SiO_2); \quad (22)$$

$$(MnO) + [C] = [Mn] + \{CO\}; \quad (23)$$

$$5(MnO) + 2[P] = 5[Mn] + (P_2O_5) \quad (24)$$

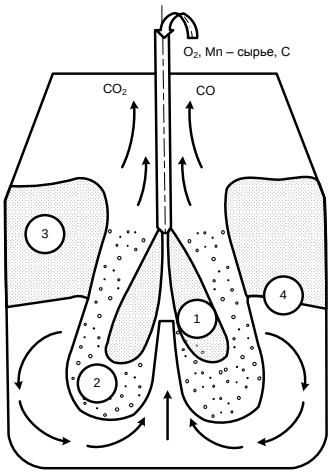


Рисунок 1 - Схема реакционных зон в конвертерной ванне при вдувании порошкообразного марганецсодержащего сырья (цифрами указаны зоны взаимодействия)

В удаленной от вторичной реакционной зоны области взаимодействия шлаковой, металлической и газовой фаз (зона 3) и в пределах границы раздела шлакового расплава с основной металлической ванной (зона 4) безусловно

развивается процесс восстановления монооксида марганца шлака за счет растворенного углерода металлических корольков$[C]_к$, вовлеченных в шлак,

$$(MnO) + [C]_к = [Mn]_к + \{CO\}; \qquad (25)$$

и углерода основной ванны ([C]) по реакции (23).

Параллельно в этой же зоне происходит восстановление FeO шлаковой фазы углеродом корольков

$$(FeO) + [C]_к = [Fe]_к + \{CO\}; \qquad (26)$$

и углеродом металлического расплава (реакция 20). При этом распределение кислорода между марганцем и железом описывается уравнением (19).

Очевидно дополнительные присадки в шлак в ходе продувки конвертерной ванны кусковых углеродсодержащих материалов будут способствовать развитию реакций жидкофазного восстановления оксидов марганца (17) и железа твердым углеродом.

В данных условиях интенсификация барботажа шлаковой ванны, особенно в случае комбинированной продувки конвертерной ванны, приводит к ускорению тепломассообменных процессов на границе шлак-металл, а также коалесценцией обогащенных восстановленным марганцем корольков металла к осаждению их через слой шлака в основную металлическую ванну.

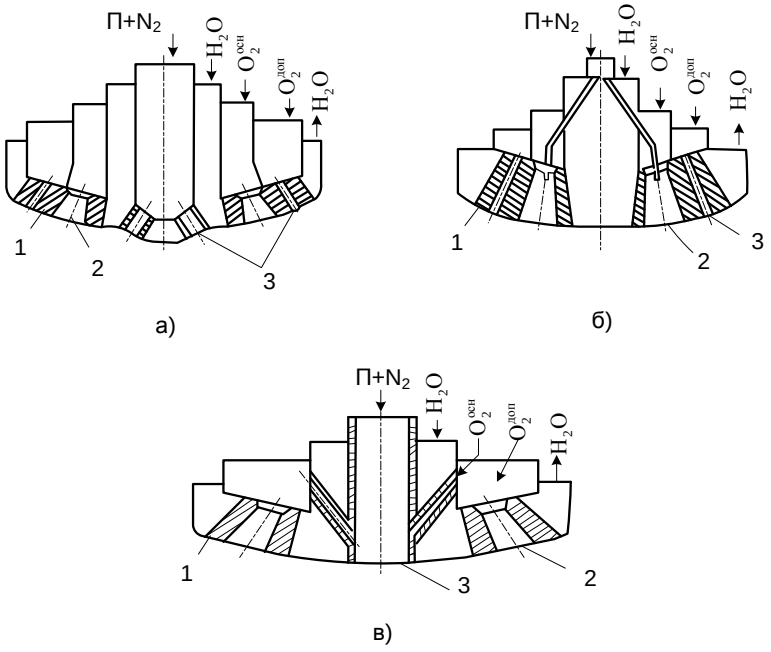


Рисунок 2 - Конструкции разработанных (а, б, в) наконечников фурм для продувки конвертерной ванны с вводом порошкообразного марганецсодержащего сырья и дожиганием отходящих газов:
1 – сопловые блоки; 2 – сопла Лаваля; 3 – цилиндрические сопла;
↓(П+N_2) – подача порошкообразного марганцевого сырья в потоке азота;
↓$O_2^{осн}$, ↓$O_2^{доп}$ – подача основного кислорода на продувку ванны и дополнительного для дожигания отходящих газов; ↓H_2O, ↑ H_2O – подвод и отвод охлаждающей воды

Проведенный анализ отклонения реакций (19), (22)÷(25) от термодинамического равновесия в различные периоды операции свидетельствуют о том, что движущая сила процесса восстановления марганца к моменту истечения 60-70 % времени продувки достигает минимальных значений. Последнее свидетельствует о целесообразности интенсификации в эти периоды отклонения от равновесия реакций восстановления марганца за счет дополнительных присадок в ванну марганецсодержащих и углеродсодержащих материалов для корректировки теплового баланса и количества восстановителей. В данный период продувки (максимального развития реакции обезуглероживания) важно обеспечить получение минимального количества шлака, повышенную основность шлака и температуру ванны, что отвечает наиболее благоприятным условиям протекания процесса восстановления марганца из его оксидов.

К другому, параллельно развиваемому направлению, вызывающему в последнее время повышенный интерес металлургов, можно отнести технологии прямого восстановления металла из железомарганцевых руд и плавильно-восстановительные процессы, не требующие затрат кокса в качестве восстановителя. При этом, как известно, конечным продуктом процесса прямого восстановления является губчатое железо, а плавильно-восстановительные процессы в конечном счете позволяют получить жидкий полупродукт для дальнейшей выплавки с использованием лома высококачественной стали в электропечах или конвертерах дуплекс-процессом.

С учетом современных тенденций развития целесообразна разработка альтернативного доменной плавке одностадийного процесса переработки в конвертерах способом жидкофазного восстановления марганецсодержащего сырья с применением в качестве восстановителей энергетических марок угля и высоконагретых продуктов конверсии природного газа при обеспечении предварительного подогрева поступающих в агрегат сырых материалов отходящим газом. Накопленный положительный опыт реализации технологии окислительно-восстановительного рафинирования расплавов в конвертерах и комбинированной подачи газов в ванну [6] позволяет определить некоторые положения такого процесса.

В данных условиях в соответствии с разработками авторов решению поставленных задач будет соответствовать конвертерный агрегат, снабженный:

– системами независимого регулирования подводов к верхней фурме основного и дополнительного (для дожигания) потоков кислорода с возможностью его замещения (разбавления) нейтральным газом в определенные периоды операции;

– системой подвода к верхней фурме в потоке газа-носителя порошкообразного восстановителя (теплоносителя) и рудного материала;

– системой подвода к донным и боковым фурмам независимо регулируемых потоков кислорода, природного и нейтрального газов;

– многоцелевыми фурмами верхнего дутья, обеспечивающими функции разогрева и обжига футеровки, предварительного подогрева и перемешивания рудного сырья, продувки ванны с дожиганием отходящих газов и нанесением шлакового гарнисажа на футеровку агрегата с целью сохранения ее стойкости [6].

Перечисленные конструктивные особенности такого конвертерного агрегата принципиально важны для реализации окислительно-восстановительной технологии с жидкофазным восстановлением расплавов, содержащих преимущественно оксиды железа и марганца. Такая технология должна предусматривать обработку ванны топливно-кислородными струями с подачей порошкообразных теплоносителей при одновременной возможной присадке кускового углеродсодержащего восстановителя, перемешивания ванны газовыми смесями с использованием верхней фурмы и высоконагретыми восстановительными газами.

В данном варианте основная технологическая концепция получения марганцевых концентратов из марганцевых руд в промышленных агрегатах заключается в создании восстановительных условий с использованием твердого углерода и обеспечением высоких (1450 – 1600 °С) температур в объемной зоне взаимодействия. Концепция также базируется на термодинамическом анализе основных реакций восстановления оксидов марганца и железа, а ее практическая реализация возможна при временном и пространственном распределении процессов различной природы в рабочем пространстве агрегата.

При этом технологические газы подаются в агрегат через верхнюю основную фурму 1, верхние вспомогательные боковые (3) и донные (4) фурмы с определенными объемными скоростями технологических газов.

Наиболее приемлемым для технического осуществления является следующее распределением технологических газов по фурмам. Через основную верхнюю фурму 1 в определенные периоды подается технически чистый кислород, нейтральный газ или газовые смеси для окисления, нагрева, перемешивания ванны; через верхние вспомогательные фурмы 2 – природный газ и кислород для дожигания отходящих газов; через боковые фурмы 3 – смеси природного газа с кислородом в соотношении 2:1 для проведения реакции конверсии газа. Донные фурмы 4 предназначены в основном для подачи нейтрального газа с целью дополнительного перемешивания ванны. Для улучшения теплового баланса процесса и более полного развития реакций восстановления возможна подача через донные фурмы кислорода в смеси с нейтральным или природным газом.

Известно [7], что восстановление марганца из его низшего оксида MnO при реально достижимых температурах невозможно ни промежуточным продуктом горения твердого углерода (монооксидом углерода), ни продуктами конверсии природного газа (монооксидом углерода, водородом). Поэтому получение марганцевых концентратов требует использования в качестве восстановителя непосредственно твердого углерода. Однако при этом высшие оксиды марганца (MnO_2, Mn_2O_3, Mn_3O_4) и железа (Fe_2O_3, Fe_3O_4) успешно восстанавливаются как монооксидом углерода, так и водородом, что позволяет

на определенном этапе технологического процесса в качестве восстановителя использовать и природный газ, или точнее, продукты его конверсии. В соответствии с развиваемым направлением, можно представить одну из возможных схем организации взаимодействия фаз в агрегате конвертерного типа, главными особенностями которой являются пространственное разделение зон восстановления и нагрева (окисления, горения) и введение в агрегат железоуглеродистой жидкофазной «подложки» (жидкого чугуна, постоянно насыщаемого углеродом).

На рис. 3 представлена предполагаемая схема взаимодействия фаз в агрегате конвертерного типа, соответствующая начальному периоду процесса. Качественное обоснование выбора технологической схемы и пространственное распределение в рабочем пространстве основных фаз заключается в следующем:

– жидкий чугун, для обеспечения восстановительный условий постоянно насыщаемый углеродом, является начальной «*емкостью*» тепла и постоянной «*емкостью*» для восстанавливаемого марганца и представляет собой нижнюю зону I ;

– зона II – твердая смесь марганцевой руды (концентрата) и углерода (антрацита, энергетического угля, угольной пыли и т.п.), в которой протекают основные восстановительные процессы; в этой же зоне впоследствии выделяются жидкие фазы – оксидная (шлак) и металлическая (на основе марганца и железа), которая переходит в зону I;

– зона III – газовая фаза, одна из трех основных фаз (металл, шлак, газ), зона смешения продуктов конверсии природного газа и горения монооксида углерода и водорода; эта зона распределена практически по всему внутреннему объему агрегата при возможности подачи технологических газов через верхнюю основную (1) и вспомогательные (2) фурмы в зону смешения газов, через боковые фурмы 3 в оксидную фазу и через донные фурмы 4 в металлическую фазу;

– зона IV – разделительная «вспомогательная фаза», твердый углерод (восстановитель и топливо) состоит из двух условных областей: в нижней области между металлической (I) и оксидной (II) фазами поддерживается концентрация углерода в металле на уровне насыщения где восстанавливается марганец из его монооксида; в верхней области между зоной смешивания газов и зоной оксидов проходит условная граница раздела пространства с преобладанием восстановительных (зона II) и окислительных (зона III) свойств; кроме того, в зоне IV определенная часть углерода горит при взаимодействии с неусвоившимся кислородом технологических газов и является источником тепла.

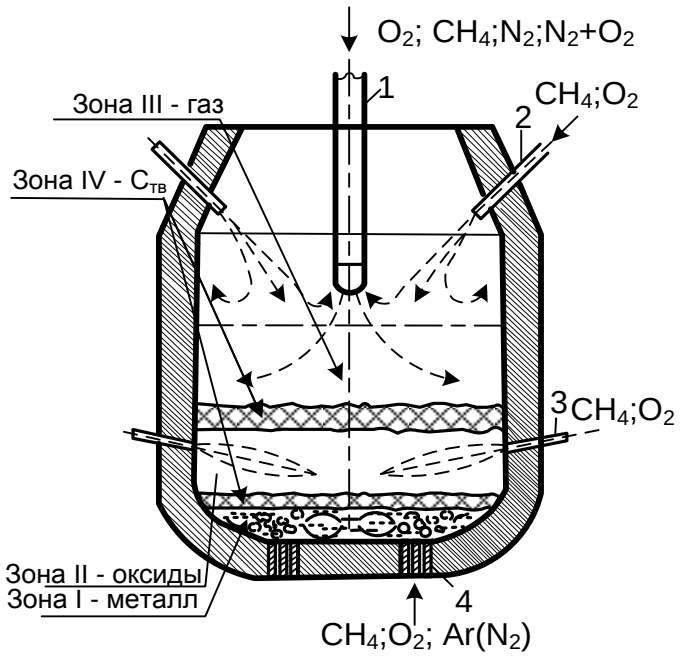


Рисунок 3 - Схема взаимодействия фаз

В данной постановке относительные количества загружаемых в агрегат материалов (фаз), концентрация компонентов в технологических газах определяется тепловыми балансами, скоростями сопутствующих физических и химических превращений, а также техническими условиями на производимый полупродукт.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Протопопов Е.В., Чернятевич А.Г., Лаврик Д.А., Мастеровенко Е.Л. // Изв. вуз. Черная металлургия. 2002. № 6. С. 4-11.
2. Жибинова И.А., Шакиров К.М., Протопопов Е.В. // Изв. вуз. Черная металлургия. 2004. № 8. С. 11-13.
3. Туркдоган Е.Т. Технологические усовершенствования в инжекционной металлургии и в процессах рафинирования металла в ковше в 80-х годах// Инжекционная металлургия '86: Труды конференции. – М.: Металлургия, 1990. – С. 10-44.
4. Производство ультранизкофосфористой стали на основе дефосфорации жидкого чугуна и разработка малошлакового процесса конвертерной плавки / Д.Ч.Ли, И.Ч.Чанг, В.Л.Сон и др. // Труды Международной конференции «Черная металлургия мира и стран СНГ в XXI веке» (г. Москва, 6-10 июня, 1994 г.), т.2. – М.: Металлургия, 1994. – С. 231-235.
5. Хирага Ю., Накасима Е. Влияние условий вдувания марганцевой руды на процесс ее восстановления // Дзайрё то кодцу. – 1994. – Т7. - № 4. – С. 1087.
6. Разработка и направления совершенствования конструкций дутьевых устройств для конвертеров жидкофазного восстановления /

Е.В.Протопопов, А.Г.Чернятевич, Д.А. Лаврик, Е.Л. Мастеровенко // Известия ВУЗов. Черная металлургия. 2002. - № 6. – С. 4-11.

7.Тостогузов Н.В. Теоретические основы и технология плавки кремневых и марганцевых сплавов, - М.: Металлургия, 1992., 238 с.

УДК 662.732

А.Е. Аникин, Г.В. Галевский, В.В. Руднева

ПРОИЗВОДСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУКОКСА БЕРЕЗОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАБ

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

Проведен анализ состояния производства, свойств и областей применения полукоксов из отечественных малометаморфизованных углей различных месторождений. Установлено, что наиболее перспективно производство и потребление буроугольного полукокса Березовского месторождения КАБ ввиду его более высоких свойств по сравнению с полукоксами из малометаморфизованных углей других месторождений, технологической возможности его крупнотоннажного производства, относительно низкой стоимости, а также значительной потребности в нем многих областей промышленности.

В настоящее время наблюдается нехватка основного восстановителя, использующегося в металлургических процессах, – кокса из дефицитных спекающихся каменных углей. В связи с этим ведутся поиски новых перспективных углеродистых материалов, способных заменить полностью или частично каменноугольный кокс в целом ряде металлургических процессов. Наряду с этим, из-за переизбытка энергетических углей на топливном рынке угледобывающие предприятия активно ищут новые направления их сбыта [1, 2]. Следовательно, весьма перспективным направлением является поиск вариантов замены каменноугольного кокса в ряде металлургических процессов исходными и переработанными энергетическими углями. Особенно интересны в этом плане бурые угли ввиду их значительных запасов и относительной дешевизны. Однако при использовании исходных бурых углей в качестве восстановителей в металлургических процессах возникает целых ряд проблем.

Во-первых, зачастую металлургические предприятия располагаются на значительном удалении от буроугольных месторождений, а транспортировка бурого угля на расстояние свыше 300 км экономически и технологически нецелесообразна (высокая влажность, пыление, опасность самовозгорания и т.д.) [3 – 5]. Во-вторых, исходный бурый уголь имеет высокие влажность (27 – 38 %) и выход летучих веществ (45 – 48 %) [6]. Такие показатели влажности и выхода летучих веществ является недопустимыми для металлургических процессов. В частности, при нагреве из исходного бурого угля начинают

выделяться летучие вещества, содержащие большое количество смолистых веществ, которые затрудняют ход процесса и могут привести к выходу из строя газоочистки. В связи с этим, становится очевидной необходимость предварительной обработки бурого угля перед использованием в металлургических процессах.

Одним из направлений подготовки бурого угля к использованию в металлургических процессах является сушка и дальнейшее брикетирование. В этом случае существенно снижается влажность и достигается необходимый гранулометрический состав. Однако этого недостаточно в связи с тем, что выход летучих веществ при этом не уменьшается [3]. Добиться существенного уменьшения выхода летучих веществ из бурого угля можно с помощью его глубокой термической переработки (до 750 – 800 °С) [3]. При этом образуется буроугольный полукокс (БПК) – продукт, обладающий необходимыми свойствами для его применения в металлургических процессах.

Целью настоящей работы является анализ технологий производства полукоксов из отечественных малометаморфизованных углей различных месторождений, сравнительный анализ свойств этих полукоксов, а также областей их применения.

В качестве сырья для производства БПК может быть использован любой бурый уголь. Однако одними из наиболее перспективных являются бурые угли Канско-Ачинского бассейна (КАБ) ввиду их значительных запасов (прогнозные ресурсы – 309,9 млрд. т или 23,4% от запасов России), низких зольности (3,4 – 22,3 %) и содержания серы (0,1 – 2,2 %) [7], а также благоприятного состава золы (CaO+MgO до 55 %) [8].

В составе КАБ по целому ряду причин наиболее перспективными для производства БПК можно считать бурые угли Березовского месторождения. Во-первых, Березовское месторождение обладает значительными балансовыми запасами – 2453,2 млн. т [9]. Разработка осуществляется открытым способом на разрезе «Березовский-1» проектной мощностью 55 млн. т/год [10], производственной мощностью 13,5 млн. т/год [11, 12]. Толщина разрабатываемого угольного пласта – до 70 м [9]. Это, в сочетании с благоприятными условиями залегания [11], обусловливает высокую среднемесячную производительность – до 575 т/чел. [13] и добычу угля 7,5-8,0 млн. т/год [14, 15]. Разрез динамично развивается – за 10 лет добыча угля выросла на 32 % [13]. Во-вторых, Березовское месторождение находится на юго-западе Красноярского края в непосредственной близости к Кемеровской области, а, следовательно, и к центру металлургии Сибири. Кроме того, рядом проходит Транссибирская железнодорожная магистраль, позволяющая организовать доставку сырья для металлургии не только Кузбасса, но и Красноярского края, Урала и др. В-третьих, бурые угли Березовского месторождения обладают благоприятными составом и свойствами: низкие зольность (5,6 %) и содержание серы (0,2 – 0,7 %), высокая теплота сгорания (16,0 МДж/кг) [9], а также благоприятный состав золы (CaO+MgO до 55 %) [8].

Известны различные технологические варианты производства полукоксов из малометаморфизованных углей [7, 8, 16 – 21].

На заводе «Сибэлектросталь» (г. Красноярск) в конце 60-х гг. был освоен в опытно-промышленном масштабе энерготехнологический способ полукоксования бурого угля, заключающийся в нагреве тонкоизмельченного угля комбинированным теплоносителем: в стадии подготовки – газовым, в стадии полукоксования – твердым [7, 16]. Технологическая схема данного способа содержит четыре контура: сушильно-размольный, бертинирования, полукоксования, охлаждения готового продукта. Этот способ позволяет получать мелкозернистый и пылевидный БПК (~ 80 % кл. 0,3 – 0,5 мм).

В Югославии в 60-е гг. применялся способ, в котором бурый уголь обогащают, дробят до класса 0 – 5 мм, сушат в кипящем слое до влажности 6 – 12 % и далее подают на установку полукоксования Лурги-Рургаз в реактор с кипящим слоем, где в качестве теплоносителя используется полукокс с температурой 530 °С. Имеется возможность регулирования конечной температуры в пределах 450 – 1000 °С.

На Ангарском нефтехимическом комбинате, Ленинск-Кузнецком заводе полукоксования, а также в Германии в 60 – 70-е гг. получил распространение процесс полукоксования в вертикальных шахтных печах системы Лурги с внутренним обогревом. Сущность процесса заключается в сушке угля (или брикетов), его полукоксовании, а затем охлаждении. В качестве газа-теплоносителя используется газ полукоксования, сжигаемый в топках камеры сушки и камеры полукоксования [16].

На заводе «Сланцы» в г. Кохтла-Ярве (Эстония) совместно с ВУХИНом в 1997 г. было проведено коксование длиннопламенного угля Новой Зеландии в камерных печах с внешним обогревом. Получен высококачественный углеродистый восстановитель. Также опробован и отработан процесс полукоксования углей марок Д, ДГ и СС в газогенераторах с получением полукокса, удовлетворяющего требованиям электротермических производств [17, 18]. В 2000-х гг. в газогенераторах данного завода были проведены опытно-промышленные полукоксования углей марки Д Шубаркольского разреза Казахстана. Получен полукокс класса < 25 мм, удовлетворяющий требованиям электротермических и агломерационных производств [17, 19].

Известна технология термоокислительного полукоксования и коксования на цепных колосниковых решетках (ЦКР). Пиролиз угля осуществляется в окислительном режиме за счет сгорания над слоем топлива выделяющихся летучих веществ. В связи с этим процесс получил название «автотермический» или «аутогенный». В России данную технологию разрабатывали в МХТИ им. Д. И. Менделеева, затем в ВУХИНе, и в последнее время с участием Кузнецкого центра ВУХИНа процесс разработан и внедрен в условиях Казахстана для получения углеродистых материалов для недоменных потребителей из углей марки Д Шубаркольского разреза [17 – 19]. В России в промышленном масштабе не применяется. Исключение составляют малотоннажные производства полукоксов из углей марок Д и СС на котельных Кузбасса и Алтайского края. За рубежом данный способ широко используют в Канаде, США, Германии, ЮАР и Индии [17].

Для получения полукокса и кокса из углей могут применяться кольцевые печи. Сущность метода заключается в нагревании до заданной температуры относительно тонкого слоя (50 – 200 мм) свободно лежащей угольной загрузки на движущемся поде. В зависимости от типа перерабатываемого сырья и требований, предъявляемых к конечному продукту, загружаемый на кольцевую подину материал может быть кусковым или порошкообразным. Наибольший производственный опыт эксплуатации мощных кольцевых печей (диаметром до 25 м) с использованием бурых углей накоплен в Германии. Производительность агрегата – 115 тыс. т/год БПК (зольность A^d 9 %, выход летучих V^{daf} 3 %, пористость 48,6 %, удельная поверхность 300 м^2/г) [17, 20]. В США также эксплуатируются кольцевые печи диаметром 5 и 8 м с производительностью последней 28 т/сут. кокса. Кокс используют в электротермических производствах ферросплавов и фосфора. В бывшем СССР технология коксования в кольцевых печах диаметром 5 м отрабатывалась на опытно-промышленных установках Нижнетагильского металлургического комбината и Московского коксогазового завода. В настоящее время эти установки не работают [17, 18].

В Китае на одном из заводов в провинции Шаньси (Внутренняя Монголия) эксплуатируются две вертикальные печи типа SJ производительностью около 100 тыс./т год полукокса из углей Шеньму марки Д. Печь SJ – вертикальная, квадратная, состоит из четырех камер. Загрузка угля сверху, осуществляется периодически, синхронно связана с выгрузкой полукокса. Газ для нагрева загрузки вдувается через фурмы, установленные в стенах печи. Сгорая и частично сжигая выделяющиеся при нагреве летучие компоненты угля, образующиеся внутри печи, газ равномерно нагревает загрузку угля. Камеру можно разделить на три зоны: верхняя – подсушка угля, средняя – непосредственно полукоксование, нижняя – охлаждение и выдача полукокса. В зоне полукоксования достигается температура 750±20 °С, в зоне охлаждения – не ниже 80-100 °С. Данный полукокс используется для производства ферросплавов – ферросилиция и ферромарганца, фосфора (класс 5-15 мм), карбида кальция (класс 8-20 мм) [21]. Данная технология также используется в Казахстане – на борту Шубаркольского разреза в 2006 г. построено шесть печей с общим производством полукокса 300 тыс. т/год [19, 21].

В настоящее время одним из самых перспективных способов получения БПК считается технология «ТЕРМОКОКС» [22]. Принципиальная схема данной технологии приведена на рисунке 1.

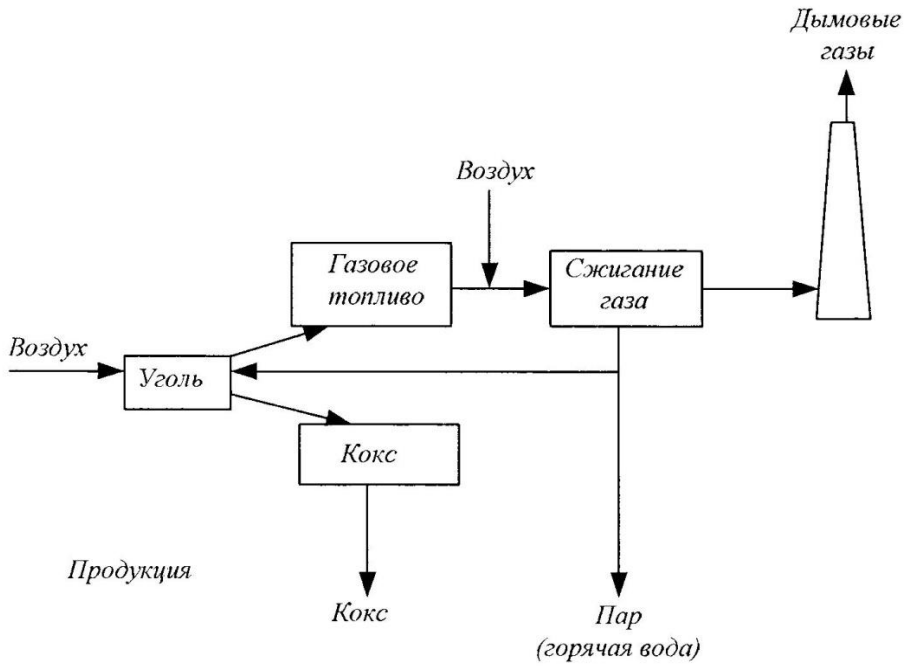
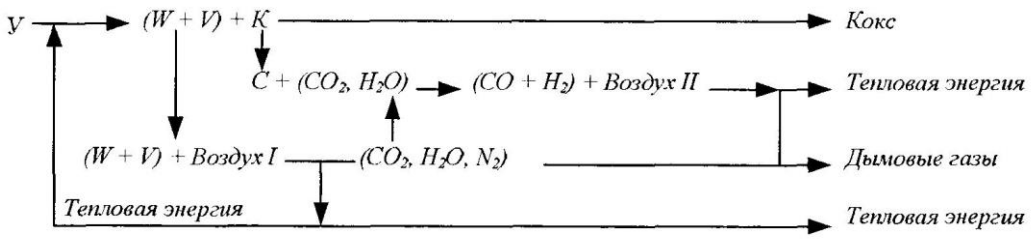


Рисунок 1 – Принципиальная схема технологии «ТЕРМОКОКС»

Суть технологической концепции состоит в разделении углей с высоким выходом летучих веществ на два продукта – газовое топливо и коксовый остаток (полукокс). В рамках указанной технологии реализуются следующие способы: «ТЕРМОКОКС-С», «ТЕРМОКОКС-КС», «ТЕРМОКОКС-O_2» [22].

Технология «ТЕРМОКОКС-С» предусматривает частичную газификацию углей (окислительную карбонизацию) в слоевых аппаратах с использованием обращенного дутья (схема с обратной тепловой волной). Продукты – БПК и горючий газ (CO + H_2). В 1996 г. процесс реализован в г. Красноярске на Опытно-промышленном заводе по переработке угля (с 2000 г. – ЗАО «Карбоника-Ф») [1 – 4, 10 – 15, 22 – 26].

Технология «ТЕРМОКОКС-КС» заключается в частичной газификации углей (окислительной карбонизации) с использованием технологии кипящего слоя. Продукты – БПК и тепловая энергия. Принципиальная схема данной технологии приведена на рисунке 2. В 2007 г. процесс реализован в промышленных условиях на Березовском разрезе (ОАО «СУЭК», Красноярский край) [1 – 4, 10 – 15, 22 – 26].



У – уголь; W – влага; V – летучие вещества; К – коксовый остаток (полукокс); С – углерод; Воздух I – первичное воздушное дутье; Воздух II – вторичное воздушное дутье

Рисунок 2 – Принципиальная схема технологии «ТЕРМОКОКС-КС»

Несомненным достоинством технологии «ТЕРМОКОКС-КС» является возможность ее реализации в модернизированных типовых энергетических котлах (рисунок 3) [22].

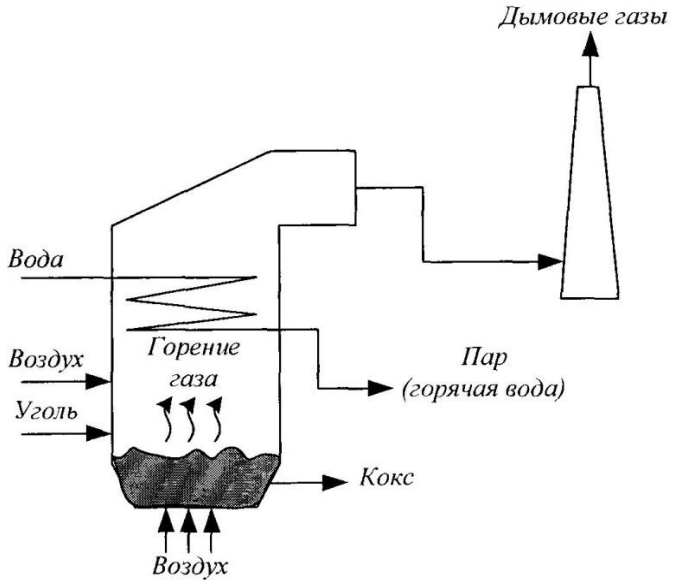


Рисунок 3 – Принципиальная схема технологии «ТЕРМОКОКС-КС» с использованием энергетического котла

Технология «ТЕРМОКОКС-O_2» предусматривает частичную газификацию малозольного угля в слоевых реакторах с использованием обращенного кислородного дутья. Продукты – БПК и синтез-газ. В дальнейшем синтез-газ может перерабатываться в синтетические жидкие топлива (СЖТ) [1 – 4, 10 – 15, 22 – 26]. Отличительной особенностью данной технологии является существенное удешевление (за счет когенерации полукокса и синтез-газа в одном агрегате) получаемого синтез-газа, и, следовательно, получаемых СЖТ (в 2 раза) по сравнению с другими технологиями, в т.ч. с классической технологией SASOL [22].

Таким образом, исходя из географии опытно-промышленного и промышленного применения, по технологии «ТЕРМОКОКС» перерабатываются, в первую очередь, бурые угли Березовского месторождения КАБ. Данная технология позволяет перерабатывать бурые, а также каменные угли марок Д и Г других месторождений.

Сравнительный анализ свойств БПК из углей Березовского месторождения КАБ (БПК березовский) [8, 17, 20], БПК из углей Таловского месторождения Томской области (БПК таловский) [27], полукокса из каменного угля марки Г Кузбасса (ООО «Завод полукоксования», г. Ленинск-Кузнецкий) (КПК ленинск-кузнецкий) [7, 16, 21] и полукокса из каменного угля марки ДГ Черемховского месторождения Иркутского бассейна (Ангарский завод нефтеоргсинтеза) (КПК ангарский) [7, 16] представлен в таблице.

Из приведенных данных видно, что БПК березовский обладает следующими преимуществами по сравнению с полукоксами из

малометаморфизованных углей других месторождений:

– зольность на сухую массу (A^d) ниже на 53 %, 16 % и 214 % по сравнению с БПК таловским, КПК ленинск-кузнецким и КПК ангарским соответственно;

Таблица 1 – Свойства полукоксов из малометаморфизованных углей различных месторождений

Свойства полукоксов	Полукокс			
	БПК березовский	БПК таловский	КПК ленинск-кузнецкий	КПК ангарский
1. Влажность на рабочую массу, %	1,2	Нет св.	13,8	17,0
2. Зольность на сухую массу, %	8,6	13,2	10,0	27,0
3. Выход летучих веществ на сухую беззольную массу, %	9,5	7,7	17,2	5,6
4. Содержание фиксированного углерода, %	81,9	79,1	74,5	67,4
5. Химический состав золы, %:				
SiO_2	19,0	Нет св.	35,1	75,7
Al_2O_3	10,5	То же	26,8	11,2
$CaO + MgO$	52,0	–//–	13,4	3,0
Fe_2O_3	5,8	–//–	20,6	7,6
P_2O_5	Нет св.	–//–	1,25	0,03
SO_3	4,4	–//–	Нет св.	Нет св.
$Na_2O + K_2O$	2,8	–//–	То же	То же
6. Удельное электросопротивление собственное, Ом·см	Нет св.	–//–	11,649	6,014
7. Удельное электросопротивление в засыпи кусков 3-6 мм, Ом·см	То же	–//–	$1,6 \cdot 10^6$	75,0
8. Плотность кажущаяся, г/см^3	0,924	–//–	0,869	0,820
9. Плотность истинная, г/см^3	1,846	–//–	1,606	1,820
10. Пористость, %	49,9	–//–	45,9	55,0
11. Удельная поверхность, м^2/г	264,0	–//–	217,5	182,0
12. Элементный состав, %:				
содержание углерода на сухую беззольную массу	90,85	–//–	88,83	89,70
содержание водорода на сухую беззольную массу	1,97	–//–	2,97	1,63
содержание азота на сухую беззольную массу	0,89	–//–	2,76	1,53
содержание кислорода на сухую беззольную массу	6,16	–//–	5,24	6,23
содержание серы на сухую беззольную массу	0,13	–//–	0,20	0,91
13. Реакционная способность по CO_2 при 1000 °С, см^3/(г·с)	6,48	5,4	4,35	9,8

– содержание фиксированного углерода (C_{fix}) выше на 4 %, 10 % и 15 % по сравнению с БПК таловским, КПК ленинск-кузнецким и КПК ангарским соответственно;

– содержание в золе $CaO + MgO$ выше на 288 % и 1633 % по сравнению с КПК ленинск-кузнецким и КПК ангарским соответственно;

– пористость ($П$) выше на 9 % по сравнению с КПК ленинск-кузнецким;

– удельная поверхность (S) выше на 21 % и 45 % по сравнению с КПК ленинск-кузнецким и КПК ангарским соответственно;

– содержание углерода на сухую беззольную массу (C^{daf}) выше на 2 % и 1 % по сравнению с КПК ленинск-кузнецким и КПК ангарским соответственно;

– реакционная способность по CO_2 при 1000 °С (PC) выше на 20 % и 49 % по сравнению с БПК таловским и КПК ленинск-кузнецким соответственно.

Кроме технологических свойств, БПК из углей Березовского месторождения КАБ обладает следующими преимуществами в плане производства: БПК таловский получен лишь в лабораторных условиях; КПК ленинск-кузнецкий производится в объеме 60 тыс. т/год [28], чего явно недостаточно для удовлетворения потребности в нем; производство КПК ангарского остановлено в начале 1990-х гг. В то же время, на Березовском разрезе производится около 25 тыс. т/год БПК на одну установку. При этом имеется технологическая возможность увеличения объема производства до 100 – 125 тыс. т/год и более при проведении модернизации эксплуатирующихся энергетических котлов.

Анализ рынков сбыта КПК ленинск-кузнецкого и БПК березовского позволяет выделить следующие основные сферы их применения.

Ленинск-Кузнецкий завод полукоксования производит два вида полукокса: П-2 и П-3, опробованных и применяемых в следующих областях [24]: в качестве восстановителя в металлургических процессах (производство ферросплавов); компонента шихт для коксования, производства карбида кальция и активированного угля; раскислителя стекла; для термической обработки стали; топлива для кузниц; на агломерационных фабриках для спекания железной руды; в качестве выгорающих добавок для производства пористо-пустотного глиняного (строительного) кирпича; для энергетических целей (сжигание в котельных в смеси с рядовым углем).

Буроугольный полукокс из углей Березовского месторождения КАБ опробован и применяется в следующих областях: в качестве бездымного высококалорийного топлива [1 – 3, 5, 7, 13, 14, 22]; сырья для производства водорода путем газификации [7]; восстановителя в металлургических процессах; в производстве ферросплавов заменяет коксовый орешек; используется в качестве восстановителя для прямого (недоменного) получения железа из руд, для приготовления пылеугольного топлива (ПУТ) для вдувания в горн доменной печи [1 – 3, 7, 10, 13, 14, 22, 23, 25, 26]; добавки в шихту для коксования [1, 7, 16]; углеродного сорбента [22 – 24]; как высококалорийный компонент смесевых топлив самого различного назначения, например, для обжига цементного клинкера или для спекания глинозема [2].

Спрос на БПК из углей Березовского месторождения КАБ может

составлять от 5 до 10 млн. т / год [30]. БПК из углей Березовского месторождения КАБ особенно интересен для производителей ферросплавов. В 2012 г. достигнута договоренность о проведении промышленных испытаний по использованию брикетов из БПК на Надеждинском металлургическом заводе. В конце 2012 г. выполнена поставка 1000 т брикетов из БПК на ОАО «Серовский завод ферросплавов», ООО «СГМК-ферросплавы» и ООО «Металекс». В 2013 г. на ферросплавные заводы поставка брикетов из БПК происходила на постоянной основе. В настоящее время ведутся работы по созданию брикета из БПК для кремниевых заводов ОАО «РУСАЛ» [31]. Планируется заменить дорогостоящие колумбийские угли на БПК при производстве кремния. Опыты пройдут на ЗАО «Кремний» в г. Шелехов. Годовая потребность ОАО «РУСАЛ» в углях – около 50 тыс. т. Замена их на БПК позволит сэкономить около 50 млн. руб. / год [32, 33]. Заключен договор на поставку БПК в количестве 3 тыс. т / год с НИИ экологических проблем металлургии для использования в сталеплавильном производстве Новолипецкого металлургического комбината. Также БПК возможно использовать в металлургических производствах, где уголь применяют в пылевидной фракции. Именно такую технологию практикует Ачинский глиноземный комбинат (АГК). Также потенциальными потребителями БПК могут стать предприятия «Кузбассэнерго» в Кемеровской области [30].

Стоимость бурого угля марки 2Б Канско-Ачинского бассейна составляет 450 – 550 руб./т, каменного угля марки Г Кузнецкого бассейна – 1200 – 1400 руб./т, БПК Березовского месторождения КАБ – 2500 руб./т, полукокса ООО «Завод полукоксования» (г. Ленинск-Кузнецкий) марки П-2 (класс 10-100 мм) – 5500 руб./т, марки П-3 (класс 0-10 мм) – 2500 руб./т, коксового орешка – 5000 – 6000 руб./т, кокса класса 25 – 40 мм – 6000 – 7000 руб./т [34].

Выводы

Проведенный анализ состояния производства, свойств и областей применения полукоксов из отечественных малометаморфизованных углей различных месторождений позволяет сделать вывод, что наиболее перспективно производство и потребление буроугольного полукокса Березовского месторождения КАБ ввиду его улучшенных свойств по сравнению с полукоксами из малометаморфизованных углей других месторождений, технологической возможности его крупнотоннажного производства, относительно низкой стоимости, а также значительной потребности в нем многих областей промышленности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исламов С.Р., Степанов С.Г. Глубокая переработка угля: введение в проблему выбора технологии // Уголь. 2007. № 10. С. 55 – 58.

2. Исламов С.Р. Экономический кризис как побуждение к глубокой переработке угля // Уголь. 2013. № 2. С. 46 – 48.

3. Исламов С.Р. Переработка низкосортных углей в высококалорийное топливо // Уголь. 2012. № 3. С. 64 – 66.

4. Романов С.М. Перспективы развития добычи, переработки и использования бурых углей в России // Уголь. 2009. № 1. С. 15 – 17.

5. Головин К.С., Крапчин С.С. Переработка углей – стратегическое направление повышения качества и расширения сфер их использования // Уголь. 2006. № 6. С. 64 – 67.

6. Ульянов И.А., Солдатенков А.П., Дмитриев В.К. и др. Угли СССР : справочник. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1975. 308 с.

7. Балмасов Н.Н., Бранчугов В.К., Быкадоров В.С. и др. Минерально-сырьевая база угольной промышленности России : в 2 т. Т. 1. Состояние, динамика, развитие. М. : Издательство Московского государственного горного университета, 1999. 648 с.

8. Страхов В.М., Суровцева И.И., Долинский В.А. и др. БПК. Возможности его использования как топлива в агломерации железных руд // Кокс и химия. 2007. № 8. С. 20 – 26.

9. Балмасов Н.Н., Бранчугов В.К., Быкадоров В.С. и др. Минерально-сырьевая база угольной промышленности России : в 2 т. Т. 2. Регионы и бассейны. М. : Издательство Московского государственного горного университета, 1999. 448 с.

10. Королева А. Пароль – КАТЭК. В День шахтера свое 35-летие отмечает Березовский разрез в Красноярском крае // Уголь. 2010. № 8. С. 36.

11. ОАО «СУЭК-Красноярск»: задачи на перспективу // Уголь. 2011. № 8. С. 18 – 19.

12. Федоров А.В., Иншаков В.Ю. ОАО «СУЭК-Красноярск»: результаты 2010 года и задачи на 2011 год // Уголь. 2011. № 3. С. 18 – 20.

13. Федоров А.В. СУЭК-Красноярск: итоги, проблемы, перспективы // Уголь. 2009. № 5. С. 48 – 51.

14. Лалетин Н.И. ОАО «СУЭК-Красноярск» – 2011 год: стабильность и развитие // Уголь. 2012. № 3. С. 15 – 18.

15. Филиал ОАО «СУЭК-Красноярск» «Разрез Березовский-1». Мы – за прозрачные, честные отношения // Уголь. 2012. № 4. С. 10 – 11.

16. Мизин В.Г., Серов Г.В. Углеродистые восстановители для ферросплавов. М. : Металлургия, 1976. 272 с.

17. Страхов В.М. Научные и производственные аспекты получения специальных видов кокса для электротермических производств // Кокс и химия. 2008. № 9. С. 44 – 49.

18. Страхов В.М., Святов Б.А., Головачев Н.П. и др. Технология производства кокса из углей Шубаркольского разреза. Оценка его качества как углеродистого восстановителя для выплавки ферросплавов // Кокс и химия. 2004. № 10. С. 16 – 20.

19. Глезин И.Л., Шампаров А.Г., Страхов В.М. Полукоксование длиннопламенных углей Шубаркольского месторождения в газогенераторах // Кокс и химия. 2009. № 8. С. 25 – 29.

20. Школлер М.Б. БПК – модификатор свойств кокса и угольных смесей //

Кокс и химия. 2007. № 12. С. 18 – 24.

21. Страхов В.М., Суровцева И.В., Дьяченко А.В., Меньшенин В.М. Технология производства и качество полукокса из вертикальных печей типа SJ Китая // Кокс и химия. 2007. № 5. С. 17 – 24.

22. Исламов С.Р. Энергоэффективное использование бурых углей на основе концепции «ТЕРМОКОКС» : автореф. дисс. … канд. техн. наук. Красноярск, 2010. 37 с.

23. Исламов С.Р. О новой концепции использования угля // Уголь. 2007. № 5. С. 67 – 69.

24. Гринько Н.К. Использование чистых угольных технологий в России // Уголь. 2006. № 1. С. 6 – 8.

25. Исламов С.Р. Переработка бурого угля по схеме энерготехнологического кластера // Уголь. 2009. № 3. С. 65 – 67.

26. Федоров А.В. ОАО «СУЭК-Красноярск»: миллионы тонн «черного золота» // Уголь. 2013. № 8. С. 12 – 14.

27. Строкина И.В. Разработка научных основ и определение технологических режимов углеродотермического восстановления и окисления железа в водородосодержащей атмосфере : дисс. канд. техн. наук. Новокузнецк, 2013. 154 с.

28. Страхов В.М. Научные и производственные аспекты получения специальных видов кокса для электротермических производств // Материалы Н.К. Перспективы развития химической переработки горючих ископаемых [электр. ресурс]. http:// www.ngpedia.ru/cgi-in/getpage.exe?cn=333&uid=0.24549786420539&inte=2. (дата обращения: 17.07.2014).

29. ООО Завод полукоксования. Полукокс каменноугольный [электр. ресурс]. http://www.zavod-polukoksovaniya.pulscen.ru/goods/121282-polukox_kamennougolny. (дата обращения: 17.07.2014).

30. СУЭК нашел покупателей [электр. ресурс]. http://www.krasnoyarsk.biz/articles/analitics/2008/03/14/suek. (дата обращения: 17.07.2014).

31. Металлурги заинтересовались Березовским полукоксом [электр. ресурс]. http://www.metalindex.ru/news/2013/03/25/news_45066.html. (дата обращения: 17.07.2014).

32. Русал и СУЭК будут использовать полукокс бурого угля для производства кремния [электр. ресурс]. http://mining24.ru/2013/09/rusal-i-suek-budut-ispolzovat-poukoks-burogo-uglya-dlya-proizvodstva-kremniya/. (дата обращения: 17.07.2014).

33. Интересы «Русала» все шире – от Содерберга до катанки и угольного пека [электр. ресурс]. http://www.rusal.ru/press-center/news_details.aspx?id=9240&ibt=52&at=1. (дата обращения: 17.07.2014).

34. Кокс металлургический и доменный. Динамика цен [электр. ресурс]. http://www.metaltorg.ru/metal_catalog/metallurgicheskoye_syrye_i_polufabrikaty/koks/coke/. – (дата обращения: 27.07.2014).

УДК 661.665

Г.В. Галевский[1], В.В. Руднева[1], И.В. Ноздрин[1], С.Г. Галевский[2], К.А. Ефимова[1]

ПЛАЗМОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ПРОИЗВОДСТВО НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ БОРИДОВ И КАРБИДОВ

[1]Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк
[2]Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», г. Санкт-Петербург

Введение

В 2011 году в мире впервые произведено свыше 1,5 млрд. т стали – самого массового конструкционного материала. В структуре конструкционных материалов на долю сплавов на основе железа приходится 95 %, цветных металлов и сплавов – 4 %, всех остальных – менее 1 %. Однако последняя группа представлена материалами специального назначения, достаточно широка по номенклатуре и жизненно необходима современной цивилизации. В нее входят материалы, соответствующие критериям «тугоплавкость», «сверхтвердость», «жаростойкость» и «жаропрочность», без которых невозможно решение многих инновационных научно-технологических и конструкторских задач. Поэтому в этой группе важное место занимают материалы на основе карбидов, боридов, нитридов, силицидов и их композиций. В развитии их национальной технологической базы можно выделить следующие этапы. В 50-60-е годы в основном усилиями Института проблем материаловедения и Института сверхтвердых мате-риалов НАН Украины исследованы свойства и разработаны технологии их производства и применения. В 70-80-е годы рядом территориальных научных центров на базе академических институтов в Москве, Киеве, Риге, Новосибирске предприняты усилия по развитию производства и применения этих материалов в высокодисперсном состоянии. 2000-е годы ознаменовались технологическим подъемом, который продолжается до сих пор и охватывает освоение нанотехнологий и наноматериалов на новом витке.

В настоящее время по объему проводимых нанотехнологических исследований Россия входит в лидирующую группу, но значительно уступает по производству нанопродукции и её экспорту [1 – 6]. В соответствии с президентской инициативой от 24 апреля 2007 г. «Стратегия развития наноиндустрии» создана система государственной поддержки этого научно-прикладного направления, обеспечивающая объединение ресурсов государства и частного бизнеса и их концентрацию, развитие национальной нанотехнологической инфраструктуры, повышение эффективности коммерциализации наноразработок и их трансферта, фокусирование усилий на

наиболее привлекательных в коммерческом плане направлениях. В число таких направлений входят функциональные, конструкционные и композиционные наноматериалы.

В Сибирском регионе Российской Федерации фундамент плазмометаллургических нанотехнологий высокотемпературных сверхтвердых материалов был заложен научной школой академика РАН М.Ф. Жукова, объединившего в начале 70-х годов усилия научных коллективов ряда академических, отраслевых и учебных институтов Западной и Восточной Сибири в направлении лабораторного получения и применения нанопорошков различного назначения, результаты которого нашли отражение в изданных впоследствии в России и за рубежом многотомных сериях «Низкотемпературная плазма» (главный редактор академик РАН М.Ф. Жуков), «Thermal plasma in the technology of new materials» (science editor academician RAS M.F. Zhukov), «Наноматериалы и нанотехнологии в производстве карбида кремния» (научный редактор профессор Г.В. Галевский) и др. В ходе исследований была подтверждена работоспособность плазмотехнологиче-ского оборудования, возможность синтеза карбидов, боридов, нитридов в наносостоянии и применения их в новых сферах. Однако происшедшие в России на рубеже 90-х годов социально-экономические изменения привели к прекращению инвестиций в это направление, сделали невозможным и невостребованным переход на промышленный уровень и коммерциализацию разработок.

В условиях начавшегося в XXI столетии нанотехнологического подъема представляется, что продолжение проведенных ранее исследований в направлении организации промышленного плазмометаллургического производства высокотемпературных химических соединений и определения приоритетных сфер их применения в керамических, гальванических, металлургических и других технологиях является важной научной и народно-хозяйственной задачей, соответствующей Государственной программе «Развитие науки и технологий на период до 2020 года».

Целью настоящей работы является обобщение многолетнего опыта и результатов, достигнутых Сибирским государственным индустриальным университетом (СибГИУ) в создании профильного оборудования и освоении технологий производства нанодисперсных боридов и карбидов хрома, титана и кремния. Выбор в качестве объекта исследования технологии производства этих боридов и карбидов обусловлен благоприятным сочетанием у них потребительских свойств (твердости, тугоплавкости, износостойкости и жаропрочности); доступностью сырья; относительной простотой печного синтеза как базовой технологии; устойчивым спросом со стороны потребителей, особенно в качестве наплавочных материалов, материалов функциональных покрытий и модифицирующих комплексов, повы-шающих жизненный цикл изделий и инструментов в 3 – 4 раза; реаль-ной возможностью достижения новых эффектов при применении их в наносостоянии.

Плазмотехнологическое оборудование: устройство, работа, характеристики

Для экспериментального исследования синтеза боридов и карбидов и их производства создан промышленный плазмотехнологический комплекс (рисунок 1), превосходящий по основным характеристикам известные созданные ранее опытные варианты. Конструкции плазмотронов, камеры смешения, дозатора шихты, рукавного фильтра защищены патентами РФ № 66877, 107440, 108319, 184916. Основные характеристики реактора приведены в таблице 1. Более подробно теплотехнические, ресурсные и технологические характеристики реактора описаны в работе [7 – 10]. Плазмотехнологический комплекс включает трехструйный реактор и системы электро-, газо-, водоснабжения и вентиляции, контрольно-измерительных приборов и автоматики, дозирования шихтовых материалов, улавливания нанодисперсных продуктов и обезвреживания отходящих технологических газов.

Для генерации плазменного потока используются три электродуговых подогревателя газа (плазмотрона) ЭДП-104АМ мощностью до 50 кВт каждый, установленные в камере смешения под углом 30 градусов к оси реактора. Плазмотроны ЭДП-104АМ работают на постоянном токе при следующих параметрах электрической дуги: напряжение дуги до 250 В, ток до 200 А. Стабилизация электрической дуги – газовихревая за счёт тангенциального ввода плазмообразующего газа через специальное закруточное кольцо. Аноды плазмотронов выполнены медными водоохлаждаемыми с внутренним диаметром 0,008 м с практически неограниченным ресурсом работы при наличии охлаждения и эксплуатации в камере смешения с углом наклона плазменных струй 30°. Катоды плазмотронов состоят из медных водоохлаждаемых корпусов и катодных вставок из торированного вольфрама (для снижения работы выхода электронов) диаметром 0,003 м с ресурсом работы 100 – 120 часов. Включение плазмотронов осу-ществляется с помощью осциллятора. В отличие от базовой модели в плазмотронах ЭДП-104АМ в качестве плазмообразующего газа может использоваться азот технической чистоты с содержанием кислорода до 1,5 – 2,0 % об., что в настоящее время соответствует реальному составу поставляемого технического азота. Электропитание плазмотронов осуществляется от тиристорного преобразовательного агрегата серии АТ4–750/600, имеющего крутопадающую вольт-амперную характеристику и следующие рабочие параметры: мощность, кВт – 450; выпрямленное напряжение, В – 600; выпрямленный ток, А – 750; КПД в номинальном режиме, % – 96; напряжение питающей сети, кВ – 6.

Конструкция камеры смешения обеспечивает эффективные ввод в реактор высокодисперсного сырья, перемешивание его с плазменным потоком и практически неограниченный ресурс работы анодов плазмотронов. Камера смешения соединена с секционированным водоохлаждаемым каналом, имеющим внутренний диаметр 0,064 м. Камера смешения и секции реактора выполнены из нержавеющей стали. Подача высокодисперсного сырья в камеру смешения осуществляется с помощью водоохлаждаемой фурмы. Фурма используется также для подачи в реактор газообразного углеводорода. Для снижения радиального градиента температуры в пристеночной зоне канал реактора футеруется изнутри высокотемпературным теплоизоляционным материалом.

Рисунок 1 – Промышленный плазмотехнологический комплекс

Таблица 1 – Основные характеристики реактора

Характеристики	Значения
Мощность, кВт	150
Тип реактора	трехструйный прямоточный вертикальный
Тип плазмотрона, мощность, кВт	ЭДП-104А, 50
Плазмообразующий газ	азот
Масса нагреваемого газа, кг/ч	32,5
Внутренний диаметр, м	0,054
Объем реактора, $м^3$	0,001
Характеристики	Значения
Футеровка канала реактора	диоксид циркония
Температура плазменного потока, К	5400 (L*=0) – 2200 (L=12)
Температура футеровки, К	1549 (L=0) – 770 (L=12)
Удельная электрическая мощность, МВт/м3	2142
Ресурс работы: – анода – катода	 3125 112
Загрязнение карбидов и боридов продуктами эрозии, % – анода – катода	 Cu – 0,0000954 W – 0,0000002
L* – относительная длина реактора	

Для дозирования порошкообразного сырья применяется дозатор смешанного электромеханического и газовихревого типа периодического

действия со съёмным цилиндром – приёмником порошкообразного сырья, предназначенным для малосыпучего высокодисперсного сырья.

Система улавливания включает осадительную камеру, где температура технологических газов снижается до 2800 – 2000 К и улавливается до 10 % нанопорошка, и два работающих поочерёдно рукавных фильтра (улавливающих до 85 % нанопорошка). В осадительную камеру с помощью водоохлаждаемого зонда вводится реагент, пассивирующий и коагулирующий нанопорошки. Фильтры выполнены с водоохлаждаемым корпусом, регенерацией фильтрующего рукава обратной продувкой сжатым газом (азотом). Фильтрующая ткань – сетка из хромоникелевой стали саржевого плетения.

Плазмотехнологический комплекс превосходит известные лабораторные и опытно-промышленные варианты по мощности в 4 – 5 раз, ресурсу работы в 3 – 4 раза, производительности в 2,5 – 3,5 раза.

Производство и свойства нанопорошков боридов и карбидов

Результаты исследования плазмотехнологических вариантов получения боридов и карбидов и их свойств достаточно подробно описаны в целом ряде публикаций, изданных в различное время, в том числе [11 – 24].

Разработка и освоение плазмотехнологического производства боридов и карбидов хрома, титана и кремния включает два этапа: 1) исследование процессов боридо- и карбидообразования и физико-химических свойств боридов и карбидов в наносостоянии; 2) промышленное освоение исследованных технологических вариантов.

На первом этапе проводятся моделирование взаимодействия сырьевого и плазменного потоков, экспериментальное исследование, обсуждение механизма боридо- и карбидообразования, физико-химическая аттестация нанодисперсных продуктов. Ниже приведены уравнения, описывающие зависимости содержания боридов и карбидов от основных технологических факторов (1) – (5), допустимые пределы изменения параметров боридо- и карбидообразования в условиях промышленного реактора мощностью 150 кВт, основные характеристи-ки боридов и карбидов (таблица 2) и их микрофотографии (рисунок 2).

$$[CrB2] = -413,53 + 0,09695\ T0 + 2,283\ [B] + 0,1736\ \{H2\} – 0,00058\ T0\ [B], \quad (1)$$

$$[Cr3(C0,8N0,2)2] = -66,12 + 0,03\ T0 – 0,42\ \{H2\} – 0,14\ \{N\} – 0,00002\ T0\ \{N\}, \quad (2)$$

$$[TiB2] = -412,41 + 0,09489\ T0 + 2,196\ [B] + 0,1597\ \{H2\} – 0,00061\ T0\ [B], \quad (3)$$

$$[TiC] = 17,3211 + 0,0105\ T0 – 0,0156\ Тз + 0,1859\{CH4\} – 3,432\ \{H2\}–0,4078\{N\}, \quad (4)$$

$$[SiC] = 86,50 + 0,00273\ T0 – 0,0064\ Тз – 0,144\ \{CH4\} + 0,00007\ Тз\ \{CH4\}, \quad (5)$$

где T0 – начальная температура плазменного потока, К;
Тз – температура закалки продуктов боридо - и карбидообразования;
[B] – содержание бора в шихте (в % от стехиометрически необходимо-го);

{CH 4} – количество углеводорода (в % от стехиометрически необходимого);
{H2} – концентрация водорода в плазмообразующем газе, % об.;
{N} – количество атомарного азота в плазмообразующем газе (в % от стехиометрически необходимого для образования циановодорода).

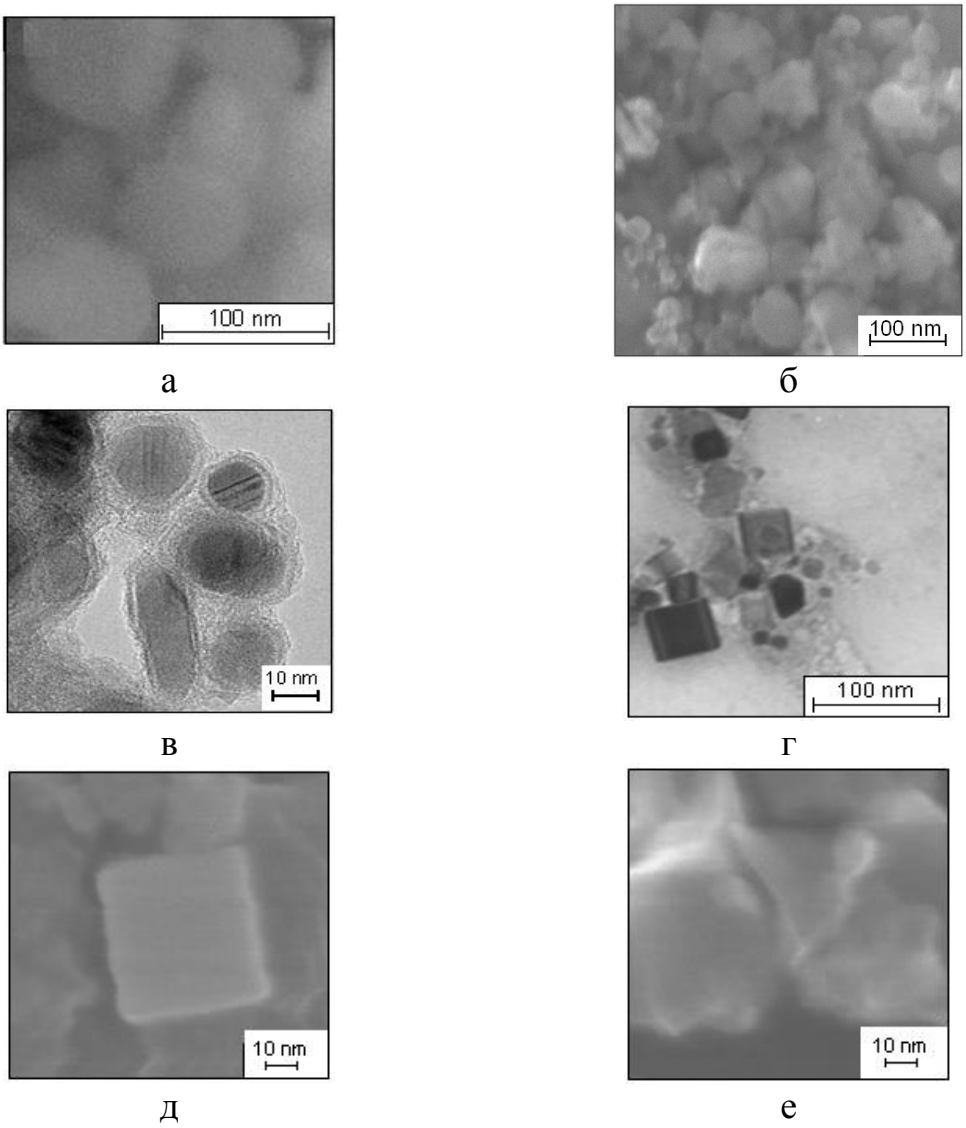
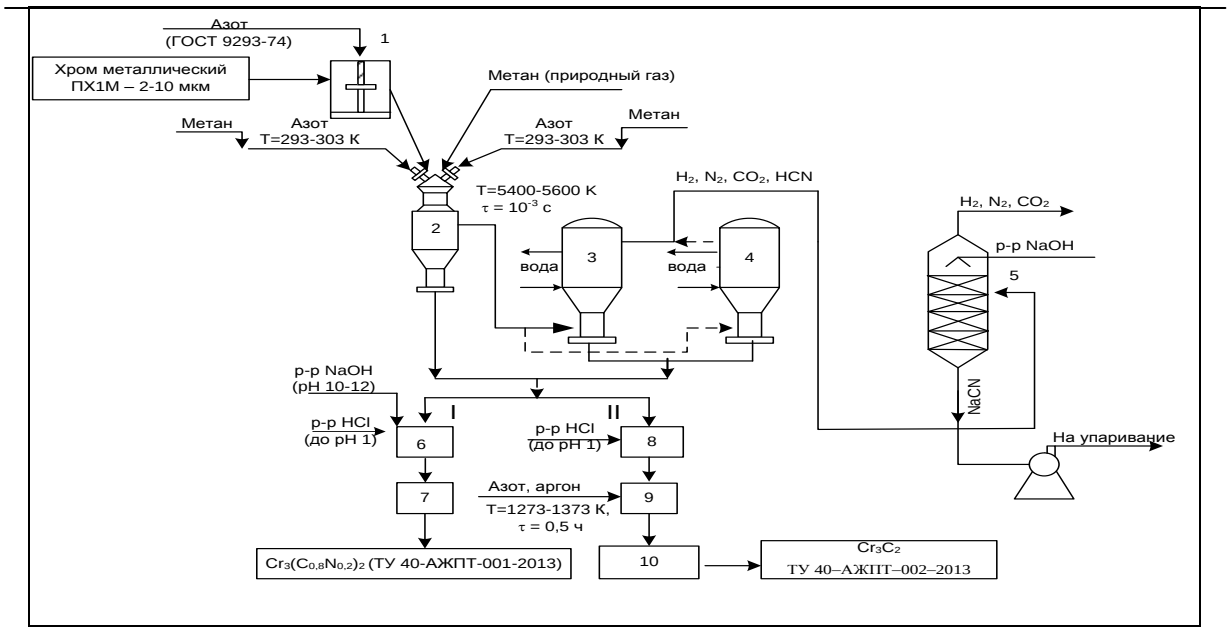


Рисунок 2 – Микрофотографии нанопорошков борида и карбонитрида хрома (а, б), борида и карбида титана (в, г), карбида кремния (д, е)

На втором этапе разрабатываются нормативно-техническая документация (технические условия и технологические процессы) и аппаратурно-технологические схемы предлагаемых к реализации технологических вариантов производства боридов и карбидов, определяются основные технико-экономические показатели. На рисунке 3 приведена в качестве примера аппаратурно-технологическая схема производства карбонитрида (I) и карбида (II) хрома.



1 – дозирование шихты; 2 – синтез; 3, 4 – отделение целевого продукта;
5 – абсорбционный вариант обезвреживания отходящих газов;
6, 7 – рафинирование карбонитрида хрома и контроль его характеристик;
8, 9 – рафинирование карбонитрида хрома и его дополнительная карбидизация;
10 – контроль характеристик карбида хрома

Рисунок 3 – Аппаратурно-технологическая схема производства карбонитрида (I) и карбида хрома (II)

Таблица 2 – Допустимые пределы изменения параметров синтеза боридов и карбидов в промышленном реакторе мощностью 150 кВт и их основные характеристики

Параметры синтеза и характеристики	CrB_2	$Cr_3(C_{0,8}N_{0,2})_2$	TiB_2	TiC	SiC
Состав газатеплоносителя, % об.: – азот/водород/метан	74/25/1	99/–/1	74/25/1	99/–/1	99/–/1
Технологический вариант синтеза	$Cr+B+H_2$	$Cr+CH_4$	$Ti+B+H_2$	$Ti+CH_4$	$Si+CH_4$
Производительность по сырью, кг/ч	3,6	3,1	3,6	3,2	3,0
Количество бора в шихте, % от стехиометрического	100-120	–	100-120	–	–
Количество карбидизатора, % от стехиометрического	–	120-140	–	120-140	120-140
Начальная температура плазменного потока, К	н.м. 5400	н.м. 5400	н.м. 5400	н.м. 5400	н.м. 5400
Температура закалки, К	2600-2800	2000-2200	2600-2800	2600-2800	2800-3000
Фазовый состав	CrB_2	$Cr_3(C_{0,8}N_{0,2})_2$	TiB_2	TiC	β-SiC

Продолжение таблицы 2

Параметры синтеза и характеристики	CrB_2	$Cr_3(C_{0,8}N_{0,2})_2$	TiB_2	TiC	SiC
Содержание основной фазы, %	92-93	92-93,5	92-93	93-93,5	91-92
Выход основной фазы, %	91-92	90,5-91,5	91,5-92,5	92-92,5	87-90
Производительность, кг/ч	3,0	3,4	3,4	3,7	4,05
Интенсивность, кг/ч·м^3	1364	2010	1980	2105	2200
Удельная поверхность, м^2/кг	33000-35000	31000-35000	46000-48000	33000-35000	40000-44000
Размер* частиц, нм	42,0	34,0	36,0	35,0	55,0
Форма частиц	Шаровидная	Шаровидная	Шаровидная	Огран. куб.	Огран.
Окисленность** нанопорошка x10^7, кг O_2/м^2	9,0-9,7	8,0-10,0	5,8-7,6	8,5-9,5	6,5-8,0
* – рассчитывался по величине удельной поверхности; ** – определялась после выдержки на воздухе в течение 24 ч.					

Экономическая оценка

Переход к промышленному производству нанопорошков боридов и карбидов создает реальные предпосылки для их широкого введения в обращение, по крайней мере, на отечественном рынке наноматериалов. В таблице 3 приведено сопоставление основных технико-экономических показателей получения карбида и борида хрома и карбида кремния в лабораторных и промышленных условиях.

Таблица 3 – Сравнение технико-экономических показателей получения нанопорошков в лабораторных и промышленных условиях

Технико-экономические показатели	CrB_2	Cr_3C_2	SiC
Максимальная мощность реактора, кВт	150/50	150/50	150/50
Содержание основной фазы, %	95,0*/81,0**	96,0/81,0	99,0/94,0
Окисленность x10^7, кг кислорода/м^2	8-10/18-20	12-14/9-11	0,8/6,7
Производительность, т/год на один реактор	3,2/0,5	3,6/0,6	3,1/1,8
Интенсивность, кг/ч·м^3	1365/265	1360/245	1210/605
Удельный расход эектоэнергии, тыс.кВт·ч/т	75/145	69/140	74/115
Себестоимость, тыс.руб/кг	6,2/15,8	6,6/14,5	6,0/11,0
*/** – промышленный и лабораторный уровни			

За рубежом основными разработчиками и производителями наноматериалов на основе боридов и карбидов являются научно-производственные фирмы «Nanostructured & Amorphous Materials, Inc.» (США), «Tokyo Tekko Co» (Япония), «Hefei Kaier Nanotechnology & De-velopment Ltd. Co» (Китай), «NEOMAT Co» (Латвия), «PlasmaChem GmbH» (Германия),

предлагающие их по цене порядка 1200 долл.США/кг при сопоставимом уровне качества и дисперсности [2 – 5].

Выводы

Проведенный анализ подтверждает выход плазмотехнологического производства высокотемпературных сверхтвердых боридов и карбидов титана, хрома и кремния на промышленный уровень при использовании в качестве базовой модели технологического комплекса с трехструйным прямоточным реактором мощностью 150 кВт. Переход на промышленный уровень производства обеспечивает достижение качественных и технико-экономических показателей, сопоставимых с зарубежными аналогами, и конкурентоспособность реализуемых научно-технических разработок.

Работа выполнена в СибГИУ в рамках проектной части государственного задания Минобрнауки России № 11.1531/2014/К.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руднева В.В. Наноматериалы и нанотехнологии : оценка, тенденции, прогнозы / В.В. Руднева, Г.В. Галевский, Е.К. Юркова // Изв. вузов. Цветная металлургия. – 2007. - № 2. – С. 73 – 76.
2. Plasma Chem [Electronic resource] / Nano Powders; Webmaster PIXXL.WEBDESIGN.–Electronic data. – Berlin: Plasma Chem Gmbh, [2015]. – URL: www.plasmachem.com
3. NEOMAT NANO POWDERS [Electronic resource] / Products. – Electronic data. – Salaspils: Neomat Co., [2015]. – URL: www.neomat.lv
4. Nanoceramics Powders [Electronic resource] / Hefei Kaier Nanotechnology & Development Ltd. Co. – Electronic data. – Hefei Kaier Nanotechnology & Development htd. Co., [2015]. – URL: www.hfkiln.com
5. NanoAmor. Nanostructured & Amorphous Materials. Inc. [Elec-tronic resource] / Products.–Electronic data. – Huston: Nanostructured &Amorphous Materials. Inc., [2015]. – URL: www.nanoamor.com
6. Галевский Г.В. Определение приоритетных направлений применения тугоплавких соединений в ультрадисперсном состоянии (УДС) в материаловедении композиционных материалов. Сообщение 3 / Г.В. Галевский, В.В. Руднева, О.А. Коврова // Вестник горно-металлургической секции Российской академии естественных наук. Отделение металлургии : сб. науч. тр. / СибГГМА. – Новокузнецк, 1996. – Вып. 31. – С. 77 – 84.
7. Руднева В.В. Исследование теплотехнических характеристик трехструйного плазменного реактора / В.В. Руднева, Г.В. Галевский, С.Г. Галевский, Е.К. Юркова // Изв. вузов. Черная металлургия. – 2007. - № 2. – С. 57 – 60.
8. Руднева В.В. Исследование и совершенствование реактора для плазмометаллургического производства нанокарбида кремния / В.В. Руднева, Г.В. Галевский, С.Г. Галевский. СибГИУ – Новокузнецк, 2007. – 15 с. – Деп. в

ВИНИТИ 20.11.07, № 1072 – В. 2007.

9. Ноздрин И.В. Исследование характеристик реактора для плазмометаллургического производства тугоплавких боридов и карбидов / И.В. Ноздрин, Л.С. Ширяева, Г.В. Галевский, В.В. Руднева // Изв. вузов. Черная металлургия. – 2011. - № 8. – С. 27 – 32.

10. Ноздрин И.В. Модельно-математическое исследование условий эффективной переработки хромсодержащего сырья в плазменном ре-акторе / И.В. Ноздрин, В.В. Руднева, Л.С. Ширяева, М.А. Терентьева // Изв. вузов. Черная металлургия. – 2012. - № 2. – С. 13 – 18.

11. Руднева В.В. Модифицирование нитрида кремния в плазмометаллургическом реакторе / В.В. Руднева, Г.В. Галевский, С.Г. Галевский. СибГИУ – Новокузнецк, 2007. – 14 с. – Деп. в ВИНИТИ 20.11.07, № 1074 – В. 2007.

12. Руднева В.В. Модифицирование карбида кремния в плазмометаллургическом реакторе / В.В. Руднева, Г.В. Галевский, С.Г. Галевский. СибГИУ – Новокузнецк, 2007. – 14 с. – Деп. в ВИНИТИ 20.11.07, № 1073 – В. 2007.

13. Пат. № 2327638 РФ, МПК С01В 31/36. Способ получения нанопорошка карбида кремния / Г.В. Галевский, С.Г. Галевский, В.В. Руднева, О.А. Полях. – СибГИУ. - № 2006143225/15 ; заявл. 06.12.2006, опубл. 27.06.2006. Бюл. № 18. – 6 с.

14. Галевский Г.В. Разработка научных и технологических основ плазменного синтеза наноборида титана / Г.В. Галевский, В.В. Руднева, К.А. Ефимова // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2015. - № 2(219). – С. 141 – 150.

15. Ноздрин И.В. Плазменный синтез и физико-химическая аттестация нанокарбида хрома / И.В. Ноздрин, Л.С. Ширяева, В.В. Руднева // Изв. вузов. Черная металлургия. – 2012. - № 12. – С. 3 – 8.

16. Ширяева Л.С. Производство и применение карбида титана (оценка, тенденции, прогнозы) / Л.С. Ширяева, А.К. Гарбузова, Г.В. Галевский // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2014. - № 2(195). – С. 100 – 108.

17. Ширяева Л.С. Исследование плазменного синтеза нанокарбида хрома / Л.С. Ширяева, И.В. Ноздрин, Г.В. Галевский, В.В. Руднева // Вестник горно-металлургической секции РАЕН. Отделение металлургии : сб. науч. тр. / СибГИУ. – Новокузнецк – Москва, 2012. – Вып. 29. – С. 94 – 105.

18. Наноматериалы и нанотехнологии в производстве карбида кремния : монография : в 3 т.; Т. 1. Микрокремнезем в производстве карбида кремния / О.А. Полях, В.В. Руднева. – М. : Флинта : Наука, 2007. – 248 с.

19. Наноматериалы и нанотехнологии в производстве карбида кремния : монография : в 3 т.; Доп. том. Плазмометаллургическое производство карбида кремния : развитие теории и совершенствование технологии / В.В. Руднева. – М. : Флинта : Наука, 2008. – 387 с.

20. Наноматериалы и нанотехнологии в производстве карбида кремния : монография : в 3 т.; Доп. том. Плазменный синтез и компактирование нанокарбида кремния / В.В. Руднева, Е.К. Юркова. – Новокузнецк : СибГИУ,

2011. – 241 с.

21. Галевский Г.В. Особенности применения традиционных мето-дов исследования физико-химических и технологических свойств туго-плавких карбидов и боридов для аттестации их высокодисперсного со-стояния / Г.В. Галевский, В.В. Руднева, С.Г. Галевский // Вестник горно-металлургической секции Российской академии естественных наук. Отде-ление металлургии : сб. науч. тр. / СибГИУ. – Новокузнецк, 2003. – Вып. 12. – С. 78 – 86.

22. Руднева В.В. Термоокислительная устойчивость нанопорошков тугоплавких карбидов и боридов / В.В. Руднева, Г.В. Галевский // Изв. вузов. Черная металлургия. – 2007. - № 4. – С. 20 – 24.

23. Руднева В.В. Исследование термоокислительной устойчивости нанопорошков тугоплавких карбидов и боридов / В.В. Руднева, Г.В. Галевский // Изв. вузов. Цветная металлургия. – 2007. - № 2. – С. 59 – 63.

24. Галевский Г.В. Взаимодействие ультрадисперсных порошков тугоплавких соединений с атмосферными газами / Г.В. Галевский, В.В. Руднева, С.Г. Галевский // Вестник горно-металлургической секции РАЕН. Отделение металлургии : сб. науч. тр. / СибГИУ. – Новокузнецк, 2002. – Вып. 11. – С. 50 – 57.

УДК 621. 762

Т.И. Алексеева[1], Г.В. Галевский[1], В.В. Руднева, С.Г. Галевский[2]

ПРОИЗВОДСТВО КАРБИДА ЦИРКОНИЯ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, ДОМИНИРУЮЩИЕ ТЕНДЕНЦИИ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОГНОЗЫ[1]

[1] Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк
[2] Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», г. Санкт-Петербург

Введение

Одной из важнейших задач современного материаловедения является создание материалов для работы в экстремальных условиях – при высоких температурах и напряжениях, под воздействием агрессивных сред и т.п. В решении этих задач существенная роль принадлежит использованию тугоплавких металлов и их соединений – боридов, карбидов, нитридов и силицидов, которые, наряду с высокой твердостью и тугоплавкостью, обладают жаростойкостью и жаропрочностью, специфическими физическими и

[1] Работа выполнена в СибГИУ в рамках проектной части государственного задания Минобрнауки России № 11.1531/2014/К.

химическими свойствами. Эти соединения в значительной степени определяют свойства разнообразных сплавов, начиная от углеродистых и легированных сталей и кончая твердыми сплавами, применяющимися для металлообработки и бурения горных пород. Среди карбидов тугоплавких металлов высокими эксплуатационными свойствами обладает карбид циркония, что делает его потенциально пригодным для решения многих задач современного материаловедения: в качестве компонентов и легирующих добавок твердых сплавов, разнопрофильных композиционных материалов, для защитных покрытий, поверхностного и объемного модифицирования металлических сплавов и материалов и т.д. В связи с этим с целью выявления доминирующих тенденций и перспектив изучена научно-техническая литература и осуществлен патентный поиск, охватывающие технологические варианты получения карбида циркония.

Анализ технологических вариантов производства карбида циркония. Карботермический синтез. В настоящее время в научно-технической литературе содержатся сведения о реализации этого способа в пяти технологических вариантах, описанных ниже.

Печное карботермическое восстановление диоксида циркония с использованием компактированной шихты. Принято считать, что данный способ получения является наиболее эффективным и экономичным[1]. Восстановлением диоксида циркония углеродом (графитом) получают технически чистый карбид циркония в промышленных масштабах. Смеси диоксида циркония и углерода (графита) в количествах, соответствующих полному прохождению реакции синтеза, перемешивают в смесителе, протирают через сито, прессуют под давлением 98,1 -196,2 Па в таблетки, помещают в печь и нагревают до требуемой температуры. Реакционную смесь науглероживают в одну или несколько стадий в электропечах сопротивления или в газовых печах. После выгрузки из печи карбид измельчают и классифицируют по крупности.

Восстановление диоксида циркония целесообразно проводить в вакууме, что исключает возможность азотирования, сдвигает равновесие реакции и позволяет проводить ее при более низких температурах. В вакууме также достигается большее содержание связанного углерода в карбиде. Равновесие в системе ZrO_2-C впервые исследовали в вакууме в интервале температур 1803-2013 К при предположении, что реакция идет по уравнению

$$ZrO_2+3C=ZrC+2CO, \qquad (1)$$

Установлено, что в вакууме 0,66-53,2 Па в интервале температур 1073-2223К науглероживание диоксида циркония проходит через стадии образования низших оксидов и последняя стадия описывается реакцией

$$ZrO+C=ZrC+CO, \qquad (2)$$

По данным [2, 3] при температурах 1773-1973К и давлении 26-133,3 кПа (150-1000 мм. рт. ст.) образуется оксикарбид состава $ZrC_{0,71}O_{0,08}$ с периодом

решетки 0,4665 нм. Уравнение реакции, которому соответствует равновесие при этих температурах, имеет вид

$$ZrO_2+2,62C=ZrC_{0,7}O_{0,06}+1,92CO. \quad (3)$$

При температуре выше 2373К кислород в карбиде циркония отсутствует, но содержание связанного углерода ниже соответствующего расчетному для ZrC.

В промышленных условиях способ осуществляется в автоматизированных печах полунепрерывного типа с виброперемешиванием слоев гранулированных шихт и готовых продуктов [4]. Синтез осуществляется при температуре 2173 К, время выдержки составляет 90 минут. Исходные шихты (например, оксид и сажа) гранулируют на таблет-машине ТП-40 с использованием в качестве пластификатора раствора поливинилового спирта. Гранулированную шихту загружают в реактор печи и при достижении в ней заданной температуры через определенные промежутки времени включают вибратор, и гранулы готового продукта поступают в зону охлаждения. При накоплении гранул ковш опрокидывают, вибратор выключают, и реактор наполняют новой порцией шихты из бункера; гранулы измельчают в вибромельнице и подвергают классификации на вибросите. Печь работает в условиях вакуума. Содержание циркония составляет 87,8-88,7%, углерода 10,6-11,3%, что незначительно рознится с расчетными значениями (88,36% и 11,64% соответственно).

Печное карботермическое восстановление диоксида циркония нановолокнистым углеродом из порошковой шихты. В работе [5] исследовался карботермический способ синтеза карбида циркония при использовании нановолокнистого углерода. Использование более дисперсного реагента (НВУ) позволило снизить параметры (температуру и продолжительность) этого процесса [6,7].

Шихта для синтеза ZrC готовилась из оксида циркония и НВУ в соответствии со стехиометрией для (1) реакции. В качестве углеродсодержащего материала применялся НВУ, получаемый при каталитическом разложении метана с использованием Ni-содержащих катализаторов при температуре 823К [8]. Температура начала восстановления составляла 1940 К (1670^0С). В экспериментах температура составила 2273, 2373, 2473 К, продолжительность выдержки при всех этих экспериментах составила 4 часа. Эксперименты проводились в печи сопротивления с графитовым трубчатым нагревателем.

Экспериментальная убыль массы (33, 9, 34,5 и 34,4%) совпадала с расчетной(35,2%), что свидетельствует о практически полном протекании реакции во всем рассматриваемом диапазоне температур. Рентгенофазовым анализом установлено, что полученный материал во всех экспериментах состоит из одной фазы – карбида циркония. Анализ образцов на содержание циркония показал следующие результаты: для образца, синтезированного при 2373 К, содержание циркония равно 87,8%, а углерода 11,8%, т.е. близкие к

расчетным (88,35% и 11,35% соответственно) для чистого карбида циркония. Это свидетельствует о высоком содержании карбида циркония в образцах. Удельная поверхность и пористость образцов, определенная по методу БЭТ, составила 2,8, 1,5 и 1,3 $м^2/г$ соответственно. Полученный материал имеет незначительное содержание примесей и состоит из частиц размером 2-3 мкм.

Печное карботермическое восстановление диоксида циркония из высокодисперсной шихты. В работе [9] предложен способ, включающий получение органических растворов координационных соединений циркония с органическими лигандами с последующим добавлением в них полимеров или их растворов – источников углерода в необходимом соотношении, контролируемый гидролиз по методикам золь-гель технологии, ступенчатую сушку геля при температурах 293-523К, пиролиз в инертной атмосфере или при пониженном давлении в температурном интервале 623-873К с последующим карботермическим синтезом в интервале температур 873-1473К при давлении 10^{-1}-10^4 Па.

Для получения карбида циркония готовили 10 мл 0,20 М раствора $Zr(C_5H_70_2)_2(OC_4H_9)_2$ в толуоле, к раствору при интенсивном перемешивании добавляли 0,24 г раствора фенолформальдегидной смолы ЛБС-1 с содержанием углерода после пиролиза 30% . Гидролиз проводят водно-спиртовой смесью. После ступенчатой сушки проводили предварительную карбонизацию системы в атмосфере аргона при температуре 673 К. Карботермическое восстановление оксида циркония осуществляли в трубчатой печи при температуре 137 К и давлении 510 Па. При восстановлении образовывалась кубическая фаза монокарбида циркония. Описанному способу получения карбида циркония соответствует схема, представленная на рис. 1.

Способ обладает следующими преимуществами:

- позволяет получить карбид циркония в температурном интервале 873-1473К, что существенно ниже температуры промышленного синтеза (1773-2173К);
- образующийся карбид циркония представляет собой сферические частицы высокой дисперсности (менее 100 нм), что позволяет исключить стадию измельчения, которая для твердых карбидов приводит к существенному загрязнению и другим технологическим трудностям;
- возможностью получения карбида циркония повышенной чистоты, поскольку используются легкоочищаемые исходные реагенты, а технология низкотемпературного синтеза не вносит дополнительных примесей.

Карботермическое восстановление диоксида циркония при расплавлении в дуговой электропечи. Технологическим вариантом является сплавление цирконового песка, содержащего 67% ZrO_2 с углеродистым материалом в дуговой электропечи [1]. В составе восстановителя обычно используются отходы графитовых изделий (тиглей, электродов и др.).

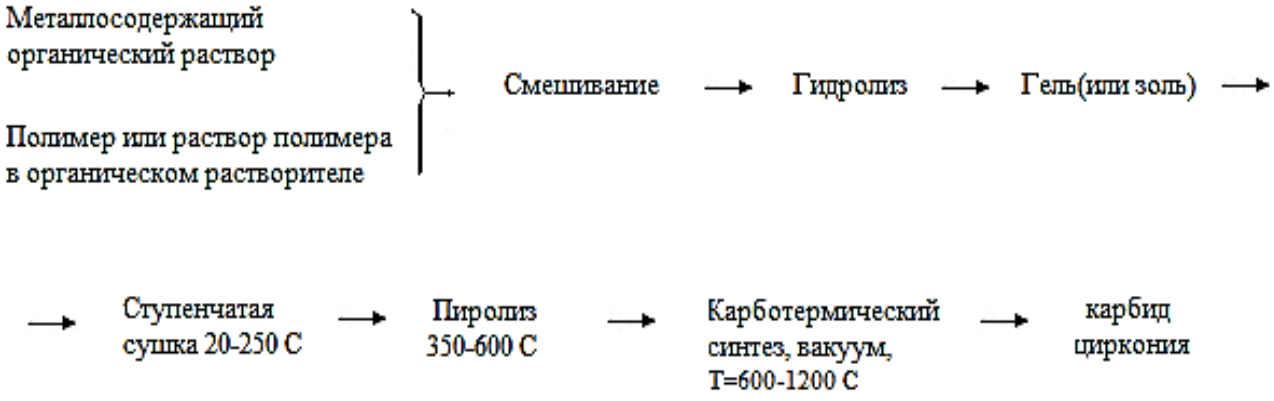


Рисунок 1 – Технологическая схема получения карбида циркония

Карботермическое восстановление диоксида циркония при плазменном нагреве компактированной шихты. Карбид циркония, практически не содержащий примесей кислорода, был получен при восстановлении диоксида циркония углеродом в условиях нагрева шихты плазменной струей аргона [10]. Образцы, состоящие из смеси ZrO_2 и углерода, прессовали в виде кубиков и нагревали на водоохлаждаемой медной подложке плазменной струей аргона до 2770К [10]. Состав полученного продукта соответствовал $ZrC_{1-x}C$, а средний размер частиц 0,005…0,1 мкм.

Карботермическое восстановление диоксида циркония в электротермическом кипящем слое. В работах [11-13] исследовался способ получения карбида циркония восстановлением диоксида в реакторе электротермического кипящего слоя (ЭТКС). Процесс осуществляется в вертикальном графитовом реакторе с ЭТКС при температурах 1673 –2073 К. Исходным сырьем для получения карбида циркония являются измельченные до размера 0,1 – 0,4 мм порошок ZrO_2 и углеродный восстановитель в виде нефтяного кокса или малозольного угольного карбонизата рексила.

Схема реактора с ЭТКС приведена на рисунке 2.

1 – подача углерода, 2 – подача азота,
3 – выход газа, 4 – вывод продукта,
5 – центральный графитовый электрод,
6 – графитовый реактор, 7 – теплоизоляция,
8 – кожух реактора,9 – электротермический кипящий слой, 10 – газораспределительная решетка

Принцип работы реактора ЭТКС заключается в создании электротермического кипящего слоя из смеси частиц ZrO_2 и углеродного восстановителя заданного состава. В условиях ЭТКС происходит сложное взаимодействие электрических, тепловых и химических процессов, которое приводит к определенным особенностям образования промежуточных соединений и конечных продуктов.

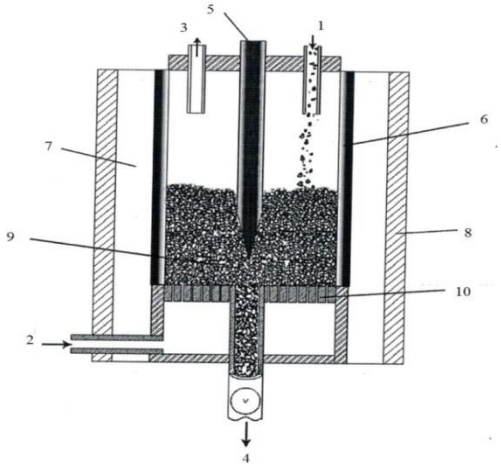


Рисунок 2 – Реактор с электротермическим кипящим слоем (ЭТКС)

Способ получения карбида циркония восстановлением посредством использования технологии ЭТКС предполагает следующую последовательность стадий. Первоначально в реактор загружается исходное количество частиц углеродного восстановителя с заданным распределением частиц по размерам. Непрерывная загрузка исходных материалов производится в верхней части реактора, выгрузка продукта – через выводной канал в его нижней части. Исходные диоксид циркония и углеродный восстановитель могут подаваться в реактор как раздельно, так и в виде предварительно подготовленной смеси. Количество углеродного восстановителя берется в значительном избытке по отношению к диоксиду, а продолжительность процесса подбирается таким образом, чтобы весь ZrO_2 прореагировал с образованием ZrC. Продувка инертным газом (азот) реактора и газовых магистралей проводится для удаления из технологической среды следов воздуха и влаги. В процессе вывода реактора на рабочий температурный режим (1673 – 2073К) в нижнюю его часть через газораспределительную решетку с заданной скоростью подается инертный газ для создания кипящего слоя частиц, а затем – электрический потенциал на электроды. После достижения кипящим слоем рабочей температуры и прокалки исходного углеводородного восстановителя в реактор подаются частицы ZrO_2. На поверхности нагретых частиц прокаленного углеродного восстановителя происходит химическая реакция с образованием карбида циркония. При этом частицы увеличиваются в весе, опускаются в нижнюю часть реактора и выводятся из реактора при помощи устройства выгрузки. Для возмещения массы кипящего слоя и обеспечения непрерывности процесса в реактор через устройство загрузки подается определенное количество частиц ZrO_2 и углеродного восстановителя. Добавление в реактор ЭТКС углеродного восстановителя и диоксида можно повторять несколько раз до тех пор, пока значительная часть углеродных частиц превратится в карбид циркония.

В числе основных отличий осуществления химических превращений в реакторе ЭТКС по сравнению с их проведением в струе газовой плазмы является высокая реактивность нагрева частиц посредством резистивного нагрева, чем в случае распространения тепла от плазмы к частице. Реактор электротермического кипящего слоя по сравнению с лучшими зарубежными

технологиями и существующими производствами позволяет контролировать морфологию и состав получаемого материала, обеспечить его однородность и чистоту, высокую производительность, снизить затраты энергии, автоматизировать технологический процесс. Особенностью реактора ЭТКС является наличие высокореакционной среды в кипящем слое восстановителя – углеродных частицах, через которые проходит электрический ток. Выделяющаяся при этом энергия обеспечивает протекание эндотермических реакций, а электрические разряды между псевдосжижаемыми частицами создают область микроплазмы и разрушают химические связи в молекулах реагирующих веществ. Происходит высокоэнергетическая активация реагентов, в реакторе достигаются высокие температуры (1473К и выше). Получаемый в результате карботермического восстановления диоксида циркония карбид представлен частицами размером до 0,4 мм различной пористости, а непрореагировавшая шихта представляет мелкодисперсную смесь прокаленного углеродного восстановителя с полным удалением влаги и летучих, образовавшегося карбида циркония и, в некоторых случаях, диоксида циркония. Рентгенофазовый анализ полученных образцов представлен на рисунке 3.

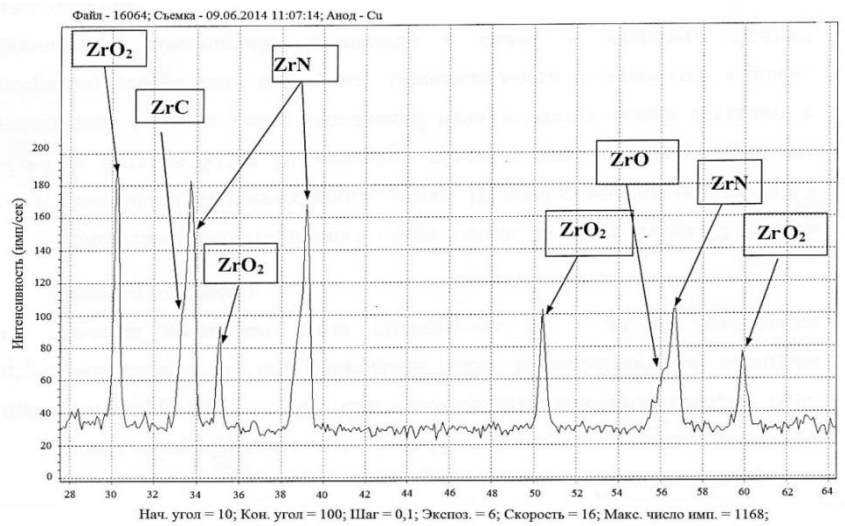


Рисунок 3 – РФА – спектры полученных мелкодисперсных образцов карбида циркония

Самораспространяющийся высокотемпературный синтез. Способ основан на экзотермичности реакции взаимодействия циркония с углеродом, вследствие чего образовывался карбид за счет реакции химического горения [4]. Технологическая схема получения порошков СВС-продукта включает в себя следующие операции: смешение заранее приготовленных порошков, загрузка в реактор, подача реакционного газа, синтез, измельчение и рассев продукта. Особенностью процесса синтеза является возможность протекания реакции в узкой зоне, перемещающейся по спрессованному образцу за счет теплопередачи после локального инициирования реакции. По данным [4], процесс горения сопровождался ярким свечением, которое не прекращалось сразу после прохождения фронта горения. Скорость распространения фронта

горения составляла 0,05…0,15 м/с. Горение осуществлялось в реакторе типа «бомба» постоянного давления, куда загружались спрессованные образцы определенного размера из смеси циркония и углерода в количествах, соответствующих получению карбида циркония. Средний размер частиц циркония 50 мкм, углерода – до 1 мкм. Зажигание осуществлялось с помощью нагретой электрической спирали, установленной внутри реактора. Среда, как правило, аргон. Полученный карбид характеризовался содержанием циркония 87,7-88,4% , углерода - 11,5-11,7%. Плотность ZrC составляла 5,58 г/см^3.

Механосинтез. Основой механосинтеза является механическая обработка твердых смесей, в результате которой происходят измельчение и пластическая деформация веществ, ускоряется массоперенос и осуществляется перемешивание компонентов смеси на атомарном уровне, активируется химическое взаимодействие твердых реагентов [14-21].

Для размола и механохимического синтеза обычно применяют высокоэнергетические планетарные, шаровые и вибрационные мельницы. Средний размер получаемых порошков составляет от 200 до 5-10 нм.

Механохимический синтез порошка карбида циркония осуществлен «взрывным» способом в вибромельницах [22,23]. Инициирование быстро протекающей реакции синтеза осуществлялось механоактивацией порошка исходных компонентов (цирконий и углерод) в течение нескольких минут. Средний размер частиц составил 6-20 нм [23].

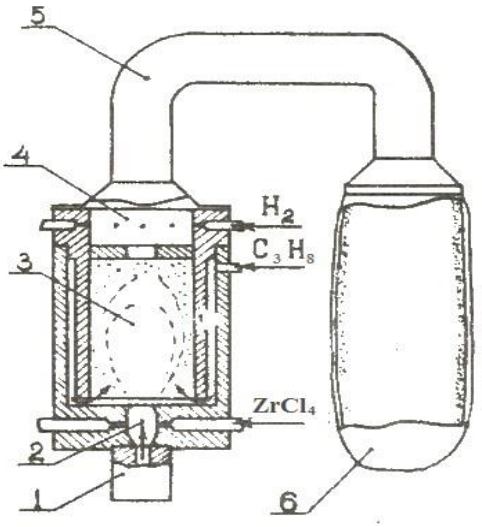
В работе [24] смесь циркония и углерода подвергали размолу в шаровой мельнице. Образование карбида происходило после 4-12 часов размола. Размер порошков после 48 часов размола составлял порядка 7±1 нм.

Плазмосинтез. Получение карбида циркония из диоксида. В работе [1] исследовалось возможность получения карбонитридов циркония из его оксида в азотной плазме. В составе экспериментальной установки использовался реактор на базе генератора DXB-63/5 [25]. Исходным материалом служил порошок диоксида циркония с содержанием основного вещества не менее 99,3 %. В качестве углеродсодержащего реагента использовали техническую пропан-бутановую смесь, в качестве плазмообразующего газа – азот особой частоты (N_2 – 99,99 %). При восстановлении оксида углеводородом в высокотемпературном потоке азота в зависимости от соотношения углерод оксид образуется кислородсодержащий продукт сложного химического и фазового состава (таблица 1).

Таблица 1 – Химический и фазовый состав продуктов взаимодействия диоксида циркония с углеводородами в азотной плазме.

Оксид	C: Me	Химический состав, %				Фазовый состав
		O	N	$C_{связ}$	$C_{своб}$	
ZrO_2	0	23,4	2,2	0	0	ZrO_2 (монокл., тетрагон.)
	1,0	16,7	3,7	2,3	0,6	ZrO_2 (м.,т.); Zr(O,C,N)
	2,0	13,4	4,4	3,3	1,5	Zr(O,C,N); ZrO_2 (м.,т.)
	3,0	11,0	4,3	3,5	2,9	Zr(O,C,N); ZrO_2 (м.,т.)

При высокотемпературной обработке диоксида циркония в отсутствие углеводородов в среде азота степень его восстановления незначительна, несмотря на испарение оксида, о чем свидетельствует высокая удельная поверхность (14-28 $м^2/г$) полученного порошкообразного продукта. Продукт содержал также некоторое количество кубической фазы, которая, судя по содержанию азота, и рентгенофазовому анализу, являлась оксинитридом, Zr (O, N). Добавление углеводородов при соотношениях $C/ZrO_2 \leq 2$ вызывало резкое понижение содержание кислорода и соответствующее увеличение содержания углерода и азота в продукте. Одновременно увеличивалось содержание кубической фазы – оксикарбонитрида Zr (O,C,N), содержание кислорода в которой снижалось с увеличением соотношения C/ZrO_2 . При C/ZrO_2 = =3 продукт, кроме оксикарбонитрида, содержит также исходный ZrO_2.

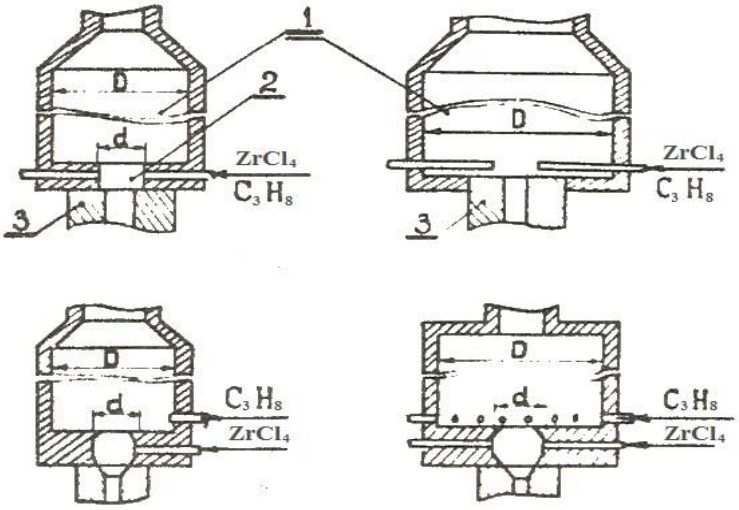


1 – плазмотрон, 2 – камера смешения, 3 – реакционная камера, 4 – закаливающая камера, 5 – теплообменник, 6 – фильтр
Рисунок 4 – Схема реактора для получения карбида циркония

Получения карбида циркония из тетрахлорида. В работе [26] исследовался способ получения нанодисперсного карбида циркония в плазменном потоке. В экспериментальных исследованиях для получения карбида циркония использовались: хлорид циркония в виде порошка, поступавшего в запаянных ампулах (тетрахлорид циркония «чда», ТУ 48-1301-72-76), техническая пропан-бутановая смесь, сжатые газы-аргон (марка «А», ГОСТ 54-57-70) и водород (ГОСТ 3022-70).

Экспериментальная установка состояла из источника питания (ИПН 160/600), пульта управления плазмотроном (плазменная установка УПУ-3), технологического пульта управления, порошкового дозатора, водоохлаждаемого реактора проточного типа для плазменного процесса, водоохлаждаемых теплообменников и узла улавливания. Конструкция реактора, обеспечивающая реализацию плазменного процесса получения нанодисперсного карбида циркония, изображена на рисунках 4 и 5.

Экспериментальная проверка одностороннего и двухстороннего ввода хлорида показала, что воспроизводимость результатов при двустороннем вводе в несколько раз выше.



1 – реакционная камера, 2 – камера смешения, 3 – анод плазматрона.
Варианты реакторов: D = 30, 45, 60 мм; d = 10, 16, 22 мм
Рисунок 5 – Конструктивные варианты реактора

Испытаны разные способы улавливания целевых продуктов (горячий фильтр, стеклотканевый рукавный фильтр, барботажный процесс). Для улавливания на горячем фильтре использовался никелевый фильтр, спеченный из частиц никеля размером 50-100 мкм, и сетка саржевого плетения из нержавеющей стали. Установлено, что механическая очистка фильтра возможна только при обратном продуве газами. Испытание рукавных фильтров из стеклоткани показало, что максимально допустимая температура отходящих газов 473 К. В целях уменьшения окисления наружного слоя продуктов можно применить двухслойный рукавный фильтр. Время «созревания» фильтра, т.е. образование внутреннего фильтрующего слоя – 5 – 10 с.

В качестве закалочных реагентов опробовались вода, этиловый спирт, авиационный бензин, дихлорэтилен, бензол, гелий и водород с улавливанием в этиловом спирте. Показано, что при улавливании в жидкости можно получить более полную информацию о превращении хлорида. Улавливание в предварительно осушенном бензине обеспечивает малое содержание кислорода (менее 0,5 %) в карбиде. Таким образом, анализ разных способов улавливания целевых продуктов показал преимущество улавливания на горячем никелевом фильтре, который не требует времени на «созревание» фильтра в отличие от двухслойного рукавного, и не имеет ограничений по допустимой температуре отходящих газов.

Исследования проводились с привлечением метода планируемого эксперимента с учетом влияния следующих факторов (таблица 2).

Таблица 2 – Исследуемый интервал изменения факторов и области их определения.

Условное обозначение факторов	Исследованный интервал	Область определения
Мощность подводимая к дуге, кВт	7,5 - 16,5	5 – 17
Расход тетрахлорида циркония, кг/ч	0,75 – 1,09	0,24 – 1,3
Расход водорода - плазмообразующего газа, $м^3$/ч	0,03 – 0,20	0 – 0,3
Расход аргона - плазмообразующего газа, $м^3$/ч	0,83 – 1,11	0,48 – 2,1
Молярное отношение углерод / цирконий	1– 2,6	более 1
Расстояние от места ввода порошка тетрахлорида циркония до среза сопла плазматрона, мм	0,36 – 0,56	0,18 – 0,9
Расход аргона – носителя тетрахлорида циркония, $м^3$/ч	0,36 – 0,54	0,18 – 0,9
Расход аргона – носителя пропано-бутановой смеси, $м^3$/ч	0,17 – 0,22	0 – 0,3
Длина реактора, мм	74 – 750	–

При этом оптимизировались: степень превращения циркония в карбид, определявшаяся как отношение массовой доли связанного в карбид циркония к общему его содержанию в продуктах; степень карбидизации, определявшаяся как атомарное отношение связанного в карбид углерода и циркония; изменение молярного соотношения C/Zr в исходной смеси и в карбиде; содержание свободного углерода в карбиде; относительное содержание углеводородов в отфильтрованной жидкости улавливания – спирте.

В области оптимума степень превращения тетрахлорида циркония достигала 80 – 95%. Для некоторых продуктов, полученных с применением закалки, методом химического анализа найдено, что молярное соотношение углерода к цирконию в карбиде выше единицы. Объясняется это, по-видимому, специфическими условиями получения карбида циркония, главным образом, закалкой продуктов реакции, в результате которой образуются твердые частицы, имеющие очень малые размеры и высокую дефектность кристаллической решетки в подрешетке циркония. Такой продукт в кислотах растворяется гораздо труднее, чем другие образцы, его дифракционные линии на рентгенограммах размыты и имеют небольшую интенсивность.

Полученный нанодисперсный карбид циркония черного цвета имел малый насыпной вес (100 – 200 кг/$м^3$). После обработки порошка органическими жидкостями и последующей сушки насыпной вес увеличился до 300 – 600 кг/$м^3$. Размеры отдельных частиц составляли 10-100 нм. Частицы имели преимущественно регулярную форму. Величина удельной поверхности, определенная по сорбции паров н-гексана, составляет 25 – 30 $м^2$/г.

Общая средняя статистическая характеристика получаемых продуктов в разработанном плазменном процессе на модельной установке СКТБ неорганических материалов АН Латвии показана в таблице 3.

Таблица 3 – Химический состав карбида.

Вид карбида	Содержание основных элементов, %				
	Zr	$C_{общ.}$	$C_{своб.}$	O	Cl
Исходный	80 – 84	11 – 13	0,5 – 1,5	1 – 2,5	3 – 10
После термообработки в инертном газе	82 – 85	11,5 - 13	0,5 – 1,5	2 - 5	-

Содержанием свободного углерода можно управлять в широких пределах. Содержание кислорода менее 0,5% достигалось при улавливании продуктов в предварительно осушенном бензине.

Осаждение карбида циркония из парогазовой фазы. Способ заключается во взаимодействии легколетучего соединения циркония с газообразным или летучим соединением углерода [4]. Исходные компоненты – $ZrCl_4$, CH_4 и H_2. Водород способствует развитию реакции и в некоторых случаях значительно снижает температуру синтеза. Наиболее эффективно использование галогенидов металлов в объеме реактора или на нагретой подложке, например, вольфрамовой нити [7]. Науглероживание циркония из газовой фазы осуществляется углеводородом, подаваемым в печь или образующимся при взаимодействии водорода с углеродом. Осаждение карбида происходит в результате реакции взаимодействия паров галоидных соединений с углеводородами и водородом по реакции при температуре 1573К.

$$ZrCl_4 + CH_4 + H_2 = ZrC + 4HCl + H_2. \quad (4)$$

Обсуждение результатов анализа научно-технической литературы.

Проведенный анализ научно-технической литературы свидетельствует о том, что базовым способом получения карбида циркония является печной карботермический синтез, реализуемый в следующих технологических вариантах:

- из диоксида и сажи при температуре 2173 К, в вакууме в течении 1,5 часа (промышленный уровень);
- из высокодисперсной шихты (ZrO_2+C), полученной золь-гель способом при температуре 1373 К в вакууме (давлении 0,5 кПа) (лабораторный уровень);
- из цирконового песка (ZrO_2+SiO_2) и угля или углеродистых отходов при расплавлении в дуговой электропечи и последующей кристаллизации (промышленный уровень);
- из диоксида циркония и углеродсодержащего вещества при нагревании компактированной шихты на водоохлаждаемой медной подложке плазменной струей аргона до температуры 2770 К;

- из диоксида циркония и углеродсодержащего вещества (нефтяной кокс, малозольный угольный карбонизат рексила) в электротермическом кипящем слое при температуре 1673-2073 К;

В первом варианте карбидизированные шихтовые гранулы подвергаются размолу и классификации с получением карбидных порошков размерного диапазона 3 – 63 мкм. Второй вариант обеспечивает получение карбида циркония в виде микропорошка с размером частиц 2-3 мкм, третий - в виде нанопорошка крупностью менее 100 нм.

Применение плазменного нагрева для реализации этого способа промышленного распространения не получило. Плавление в дуговой электропечи с последующей кристаллизацией расплава в настоящее время является единственным способом получения карбида циркония при использовании его в составе материалов для абразивной обработки, напыления и наплавки, защитных покрытий. Промышленные перспективы применения для получения карбида циркония реактора с электротермическим кипящим слоем, характеризующимся наличием высокореакционной среды – микроплазма, образующаяся при электрических разрядах между псевдосжижаемыми углеродсодержащими частицами, не ясны. Возможно, этот технологический вариант может быть реализован в соответствующем масштабном уровне для производства композиций $ZrC – ZrO_2$, $ZrC – ZrN - ZrO_2$, при условии появления на них реального спроса. Таким образом, первый вариант карботермического синтеза карбида циркония, насчитывающий фактически 60-летнюю технологическую историю, составляет основу современной промышленной технологии получения его микропорошков. В промышленных условиях осуществляется в автоматизированных электропечах полунепрерывного типа с виброперемешиванием гранулированной шихты и продуктов ее карбидизации. При этом восстановительный синтез требует достаточно высоких температур и технологического вакуума, а также механического диспергирования продуктов карбидизации, приводящее для сверхтвердых карбидов к их существенному загрязнению за счет намола мелющих тел и поверхностного окисления. Указание особенности способа создают значительные технологические трудности и, по-видимому, тормозят более широкое применение карбида циркония в современном материаловедении.

Способ получения карбида циркония самораспространяющимся высокотемпературным синтезом (СВС – процесс), включающий смешение порошка циркония крупностью до 50 мкм и углеродистого вещества крупностью до 1 мкм, загрузку подготовленной шихты в реактор, синтез в газовой атмосфере, охлаждение, механическое диспергирование и классификацию порошков карбида циркония, не нашел широкого применения и востребован весьма ограниченно для получения главным образом препаративных объемов в исследовательских целях. В то же время этот способ может оказаться весьма востребованным для СВС-компактирования конструкционных элементов специального назначения, содержащих в своем составе карбид циркония. Такими элементами могут быть, например, композиционные многокомпонентные катоды – мишени для создания

многофункциональных пленок (МНП) с характерным размером кристаллов от 1 нм до нескольких десятков нанометров. МНП находят применение для защиты поверхности изделия и инструмента от коррозии и износа, создания нового поколения биосовместимых материалов. По данным [27,28] СВС-технология позволяет производить широкий спектр мишеней на основе металлокерамики, боридной, карбидной и карбонитридной керамики.

Механосинтез карбида циркония, реализуемый обычно в высокоэнергетических мельницах с использованием шихты цирконий-углерод, ориентированный преимущественно на получении препаративных количеств нанопорошка карбида размерного диапазона 5-200 нм для исследования особенностей его физико-химических свойств в наносостоянии и обоснованного поиска новых областей применения, в течение последних 20 лет не претерпел существенных технологических и аппаратурных изменений и модернизаций [29] и по своим показателям по-прежнему может быть отнесен к лабораторным.

Плазмосинтез карбида циркония – первая в его технологической истории попытка создания направленного процесса. Технологические основы плазмосинтеза, заложенные на рубеже 70-80 годов прошлого столетия, предполагает совместную переработку $ZrCl_4$ и пропан-бутановой технической смеси в плазменном потоке аргона и водорода, закалку продуктов плазмообработкой и их улавливание, внереакторная термическая обработка в инертной среде. Плазменный реактор мощностью 16,5 кВт обеспечивает годовой объем производства до 1 т карбида циркония, содержащего, %: ZrC 93,0-97,0; углерода свободного 0,5-1,5; кислорода 2,0-5,0, в виде нанопорошка с частицами размерного диапазона 10-100 нм. Сам способ, оборудование и аппаратурно-технологическая схема для его реализации были освоены сначала для производства заказных партий в условиях СКТБ неорганических материалов АН Латвии, а затем позднее и в настоящее время для малотоннажного производства в условиях фирмы «NEOMAT Co» (Латвия) [30]. Достигнутые показатели позволяют рассматривать плазмосинтез как наиболее перспективный из известных способ получения карбида циркония в наносостоянии.

Способ получения карбида циркония осаждением из парогазовой фазы $ZrCl_4$+CH_4+H_2 при температуре порядка 1573К ориентирован главным образом на формирование карбидных пленочных покрытий на изделиях-подложках и самостоятельного значения в валовом производстве карбида циркония не имеет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Косолапова Т.Я. Карбиды/ Т.Я. Косолапова. – М.: Металлургия, 1968. – - 300 с.

2. Блюменталь У. Б. Химия циркония / У.Б. Блюменталь. — М.: Издательство иностранной литературы, 1963. — 342 с.

3. Лисовский А.Ф. Миграция расплавов металлов в спеченных композиционных телах / А.Ф. Лисовский. – Киев: Наука думка, 1984.–256 с.

4. Тугоплавкие металлы IV-VI групп и их соединения. Структура, свойства, методы получения: учеб. пособие/ В.С. Панов. – М.: МИСиС, 2006.– 63 с

5. Крутский Ю. Л. Исследование синтеза высокодисперсного порошка карбида циркония с использованием нановолокнистого углерода / Ю. Л. Крутский, В. В. Кузнецова // Высокие технологии в современной науке и технике (ВТСНТ – 2014): сб. науч. тр. 3 междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых, аспирантов и студ., 26–28 марта 2014 г. – Томск: Изд-во ТПУ, 2014. – 320 с.

6. Самсонов Г. В. Тугоплавкие соединения: справочник / Г. В. Самсонов, И. М. Виницкий. – 2-е изд. – М.: Металлургия, 1976. – 560 с.

7. Самсонов Г. В. Тугоплавкие покрытия / Г.В. Самсонов, А.П. Эпик. - 2-е изд., пер. и доп. – М.: Металлургия, 1973. – 400 с.

8. Kuvshinov G.G. Morphology and Texture of Silica Prepared by Sol–Gel Synthesis on the Surface of Fibrous Carbon Materials / G. G., M. A. Ermakova, D. Yu. Ermakov. – Novosibirsk: Boreskov Institute of Catalysis, - 2002, 432p.

9. Пат. 2333888 Россия, МКИ C01B31/30. Способ получения высокодисперсных тугоплавких карбидов для покрытий и композитов на их основе / Ю.С. Ежов, Н.А, Игнатов, В.Г. Севастьянов, Е.П. Симоненко, Н.П. Симоненко, Н.Т. Кузнецов; Московская государственная академия тонкой химической технологии им. М.В. Ломоносова; заявл. 06.04.2007, опубл. 20.09.2008.

10. Краснокутский Ю.И. Получение тугоплавких соединений в плазме / Ю.И.Краснокутский, В.Г. Верещак. – К.: Вища школа, 1987,—200 с.

11. Бородуля В.А. Разработка и апробация метода получения мелкодисперсного карбида кремния карботермическим восстановлением кремнезема в реакторе электротермического кипящего слоя / В.А. Бородуля и [др.]. // Металлургия: технологии, инновации, качество: труды XIX Междунар. науч.-практ. конф. – в 2 ч. ч. 1. – Новокузнецк: изд. Центр СибГИУ, 2015 – с. 173- -182.

12. Бородуля В.А. Разработка и апробация метода получения мелкодисперсного карбида кремния карботермическим восстановлением кремнезема в реакторе электротермического кипящего слоя / В.А. Бородуля и [др.]. // Энерго- и материалосберегающие экологически чистые технологии: Мат. X Междунар. науч.-техн. конф. – Минск: ИТМО, 2014 – С. 122-130.

13. Бородуля В.А. Синтез карбида кремния в электротермическом реакторе с кипящим слоем углеродных частиц / В.А. Бородуля и [др.] // Горения и плазмохимия – 2015 – Т. 13 - №2 – С. 92-102.

14. Аввакумов Е.Г. Механические методы активации химических процессов / Е.Г. Аввакумов. – Новосибирск: Наука, 1991. – 264 с.

15. Аввакумов Е.Г. Механический синтез в неорганической химии / Е.Г. Аввакумов. – Новосибирск: Наука, 1991. – 264 с.

16. Mechanical Alloing // Proc. Intern. Symp. On Mechanical Alloing. Kyoto, Japan, May 7-10, 1991. Ed. Hk. Shingu Materiaes Science Forum. 1991. V. 89-90 – Switzerland: Trains Tech Populations, 1992. – 816 p.

17. Бутягин П.Ю. Разупорядочение структуры и механохимические реакции / П.Ю. Бутягин. – М.: МГУ, 1984. – 272с.

18. Бутягин П.Ю. О динамике механохимического синтеза / П.Ю. Бутягин. – М.: МГУ, 1991. – 300с.

19. Бутягин П.Ю. О критическом состоянии вещества механохимических превращениях/ П.Ю. Бутягин. – М.: Наука, 1993. – 331с.

20. Бутягин П.Ю. Проблемы и перспективы развития механохимии / П.Ю. Бутягин. – М.: МГУ, 1994. – 1050с.

21. Бутягин П.Ю. Принудительные реакции в неорганической и органической химии / П.Ю. Бутягин. – М.: Химия, 1999. – 600с.

22. Попович А.А., Василенко В.Н. Механический синтез тугоплавких соединений. // Механохимический синтез в неорганической химии. / Под ред. Е.Г. Аввакумова. – Новосибирск: Наука, 1991. – 200 с.

23. Попович А.А., Рева В.П., Кинетика механохимического синтеза и структурообразование тугоплавких соединений. – Новосибирск: Наука, 1992-– 1900 с.

24. Структура тугоплавких карбидов, синтезированных механохимическим методом. // Механохимический синтез в неорганической химии. / В.Ю. Давыдкин [и др.]; Под ред. Е.Г. Аввакумова. – Новосибирск: Наука, 1991. – 200 с.

25. Миллер Т.Н. Применение низкотемпературной плазмы в технологии неорганических веществ / Т.Н. Миллер. – М.: Наука, 1984 – 620 с.

26. Шпат А.А. Исследование и разработка технологии получения ультрадисперсных карбидов циркония, ниобия, тантала и их твердых растворов в высокотемпературном газовом потоке: автореф. дисс. … канд. техн. наук/ /А.А. Шпат; РПИ - Рига, 1980. - 21 с.: граф.-Библиогр. С. 20 (6 назв.).

27. Левашов Е.А. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез перспективных керамических метариалов для технологии осаждения функциональных наноструктурных покрытий / Е.А. Левашов [и др.] // Изв. вузов. Цвет. Металлургия – 2010 - №5 – С. 27 – 53.

28. Мержанов А.Г. Твердопламенное горение / А.Г. Мержанов, А.С. Мукасьян – М.: ТОРУС ПРЕСС, 2007 – 287 с.

29. Фундаментальные основы механической активации, механосинтеза и механохимических технологий: Сб. статей / Под. ред. Е.Г. Авакумова – Новосибирск: Изд-во СО РАН 2009 (Интеграц. проектн. СО РАН) – вып. 19.

30. NEOMAT NANO POWDERS [Электронный ресурс] / Produts. – Электронные данные. – Саласпилс: Neomat Co., [2015]. – Режим доступа: http.://www.neomat.lv, свободный. – Загл. с экрана – яз. англ.

УДК 621.791:624

Н.А. Козырев, Н.В. Кибко, А.А. Уманский, Д.А. Титов.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА НАПЛАВЛЯЕМОГО СТАЛЬЮ 25Х5ФМС ВАЛИКА[2]

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

Определено влияние использования углеродфторсодержащего материала и никеля на повышение качества порошковой проволоки 25Х5ФМС. Показано, что использование углеродфторсодержащего материала способствует снижению уровня загрязненности неметаллическими включениями, уменьшает абразивный износ наплавленного слоя, обеспечивает удаление ферритной составляющей, не изменяя при этом уровень дисперсности и микротвердость мартенсита, а также твердости наплавленного слоя. Введение в состав проволоки никеля, измельчает зерно аустенита, обеспечивает образование мелкодисперсных карбидов, снижает скорость истирания наплавленного слоя, повышает микротвердость мартенсита и твердость наплавленного слоя

Для наплавки валков горячей прокатки традиционно применяются наплавочные материалы Нп-30ХГСА, Нп-35В9Х3СФ, Нп-25Х5ФМС, Нп-30Х4В2М2ФС [1, 2]. В настоящее время ресурс перечисленных традиционных наплавочных материалов практически исчерпан, поэтому активно ведутся разработки новых составов порошковых проволок. В частности ООО «ТМ.ВЕЛТЕК» и ЧНПКФ «РЕММАШ» совместно с металлургическими заводами КГМК «Криворожсталь», ДМК им. Дзержинского и МК «Запорожсталь» выполнен комплекс работ, направленных на совершенствование наплавочных материалов, технологии и оборудования для наплавки прокатных валков [3].

Разработаны и внедрены в производство 6 новых составов наплавочных порошковых проволок на базе систем легирования C-Si-Mn-Cr-Mo-V-Ti и C-Si-Mn-Cr-W-Mo-V-Ni. Применение разработанных порошковых проволок позволило увеличить износостойкость и трещиностойкость прокатных валков до 2 раз по сравнению с использованием традиционных наплавочных материалов.

В рамках развития направления по совершенствованию составов наплавочных материалов разработаны новый состав порошковой проволоки на базе Нп-25Х5ФМС с использованием углеродфторсодержащего материала пыль газоочистки алюминиевого производства [4, 5]

В лабораторных условиях были изготовлены образцы порошковой проволоки марки ПП-Нп-25Х5ФМС с использованием взамен аморфного

[1] Работа выполнена в СибГИУ в рамках проектной части Государственного задания Минобрнауки РФ № 11.1531.2014/к. При испытании, исследовании, измерении было использовано оборудование Центра коллективного пользования «Материаловедение» СибГИУ

углерода пыли газоотчистки алюминиевого производства со следующим химическим составом, масс. %: Al_2O_3 =21-46; F =18-27; Na_2O = 8-15; K_2O=0,4 – 6%; CaO=0,7- 2,3; SiO_2=0,5-2,5; Fe_2O_3=2,1-3,3; $C_{общ}$=12,5-30,2; MnO=0,07-0,9; MgO=0,06-0,9; S=0,09-0,19; P=0,10-0,18. В ряд образцов вводили порошкообразный никель. Наплавку проводили на пластины из стали 09Г2С за 6 подходов. Были изготовлены две партии образцов. Для приготовления первой партии образцов в шихту вводили аморфный углерод, углеродфторсодержащую добавку и никель в количестве 0,21, 0,32 и 0,38% (таблица 1, образцы 1 – 5). Во второй партии были изготовлены образцы с использованием графита аморфного, углеродфтосодержащей пыли и никеля в количестве 0,50, 0,56 и 0,81% (таблица 1, образцы 6 – 10).

Измерение твердости исследуемых образцов выполняли по методу Роквелла в соответствии с требованиями ГОСТ 9013-59.

Химический состав наплавленного металла определяли рентгенофлуоресцентным методом на спектрометре XRF-1800 и атомно-эмиссионным методом на спектрометре ДФС -71. Металлографическое исследование микрошлифов осуществляли с помощью оптического микроскопа OLYMPUS GX-51 в светлом поле в диапазоне увеличений Ч100 – 1000 после травления поверхности образцов в 4 %-ном растворе азотной кислоты. Величину зерна определяли по ГОСТ 5639-82 при увеличении Ч100. Дисперсность мартенсита оценивали при сопоставлении структуры с эталонами соответствующих шкал и размеров игл мартенсита с данными таблицы № 6 ГОСТ 8233-56. Определение длины игл мартенсита осуществляли с помощью пакета прикладных программ для металлографических исследований Siams Photolab 700. Исследование продольных образцов наплавленного слоя на наличие неметаллических включений проводили по ГОСТ 1778-70. Полированную поверхность изучали при увеличении Ч100 с помощью металлографического микроскопа ЛабоМет-1И.

Таблица 1 – Химический состав исследуемых образцов

№ образца	Массовая доля элементов, %									
	C	Si	Mn	Cu	Cr	Mo	Ni	Al	V	Ti
1	0,15	1,59	1,67	0,18	0,35	1,11	0,16	0,032	0,35	0,006
2	0,20	1,33	2,16	0,17	3,52	1,51	0,13	0,04	0,36	0,020
3	0,24	0,93	2,11	0,15	3,18	1,31	0,21	0,054	0,46	0,021
4	0,31	1,19	2,13	0,20	3,50	1,34	0,32	0,064	0,47	0,022
5	0,24	0,92	1,93	0,22	3,00	1,85	0,38	0,034	0,43	0,014
6	0,14	0,39	1,88	0,10	3,05	1,04	0,10	0,014	0,13	0,005
7	0,09	0,29	1,62	0,10	2,95	0,95	0,10	0,011	0,10	0,003
8	0,09	0,28	1,63	0,10	3,23	1,08	0,50	0,011	0,17	0,003
9	0,09	0,33	1,74	0,10	3,15	1,06	0,56	0,011	0,12	0,002
10	0,08	0,35	1,70	0,10	2,99	1,07	0,81	0,007	0,11	0,002

Примечание: 1, 6 – образцы с добавлением графита аморфного;
2, 7 – образцы с добавлением углеродфторсодержащей пыли,
3-5 и 8-10 – образцы с добавлением углеродфторсодержащей пыли и никеля.

Микротвердость мартенсита определяли в соответствии с требованиями ГОСТ 9450-76. Измерение твердости по Виккерсу выполняли на цифровом микротвердомере модели *HVS-1000* с автоматической поворотной головкой и цифровым отображением данных. Для каждого образца проводили 10 измерений микротвердости мартенсита, выполняемые следующим образом. В поверхность испытуемого образца под действием нагрузки 1 Н вдавливался наконечник в форме четырехгранной алмазной пирамиды. После снятия нагрузки число твердости определяли в соответствии с длинами диагоналей полученного отпечатка. Расчет числа твердости по Виккерсу, его отображение на экране компьютера и сохранение изображения с отпечатком были выполнены автоматически благодаря CCD–камеры с соответствующим программным обеспечением анализа изображений.

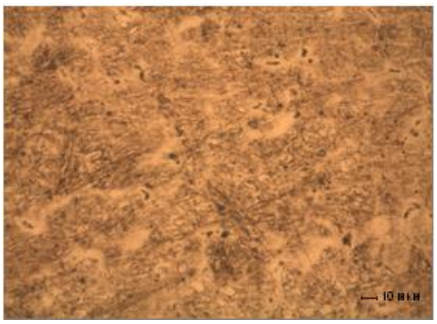
Скорость истирания наплавленного слоя опытных образцов определяли путем проведения испытания на износ на машине 2070 СМТ – 1. При этом были выбраны следующие параметры: диапазон измерения частоты вращения вала нижнего образца (диапазон А) 75 –750 мин $^{-1}$; диапазон измерения момента трения (диапазон I) 1 – 10 Н·м.

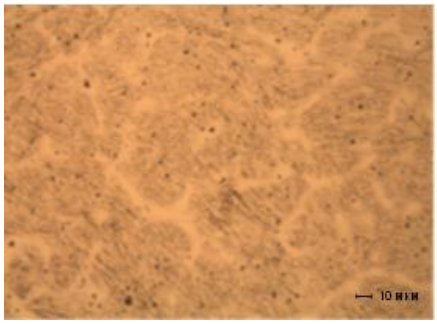
Структура образцов с добавкой аморфного углерода представляет собой мартенсит и небольшое количество остаточного аустенита в межосевом пространстве (рисунок 1 а, е).

Следует отметить, что в структуре образца с аморфным углеродом из второй партии кроме крупноигольчатого мартенсита с размером игл 3-12 мкм (балл № 7) и остаточного аустенита присутствует ферритная составляющая в виде сетки (рисунок 1 е). Для образцов с аморфным углеродом установлено наличие карбидов, распределенных по телу зерен: в образце №1 обнаружены точечные карбиды ванадия и хрома, в образце №6 карбиды имеют более дисперсное строение (0,2–1,7 мкм). Величина зерна аустенита по шкале зернистости соответствует в основном № 6 и в некоторых областях №7 (рисунок 2).

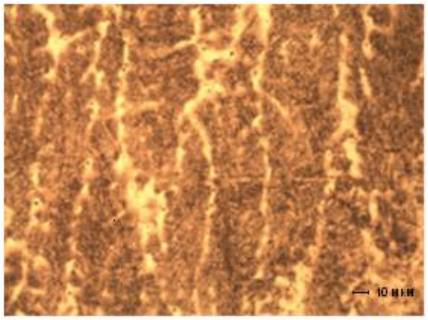
Показано, что использование углеродфторсодержащей добавки вместо аморфного графита способствует улучшению структуры наплавленного слоя: обеспечивает образование мелкодисперсных карбидов (рисунок 1 б), что на практике должно привести к повышению термической стойкости, и устраняет ферритную сетку (рисунок 1 ж), что может, по-видимому, оказать положительное влияние на трещиностойкость стали.

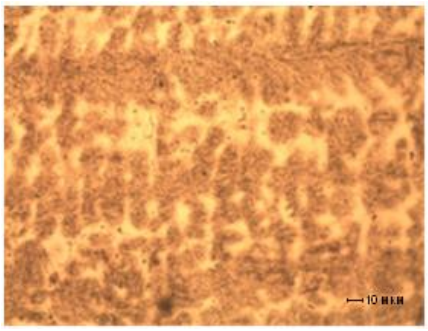
К тому же использование углеродфторсодержащей добавки приводит к следующим микроструктурным изменениям. После введения углеродфторсодержащей добавки в структуре образца №2 кроме мартенсита и сформированных по границам зерен отдельных тонких аустенитных оторочек присутствует игольчатый троостит, наблюдаются более мелкодисперсные карбиды, а также увеличивается на 23% объемная доля аустенита (рисунок 1 б, таблица 2).

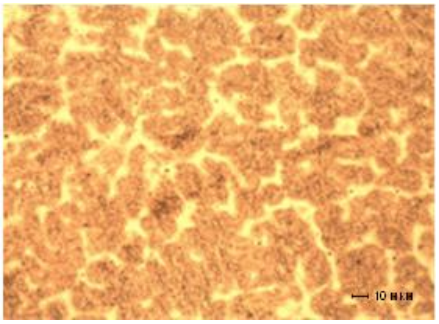




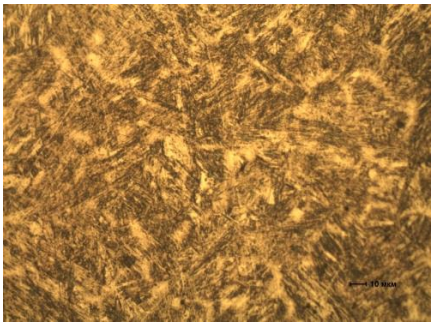
а б

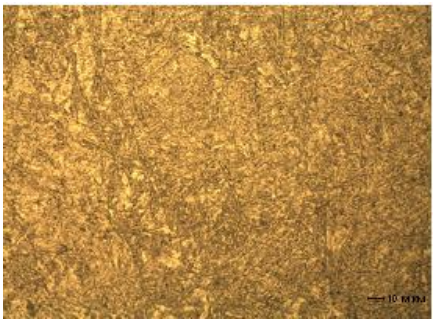




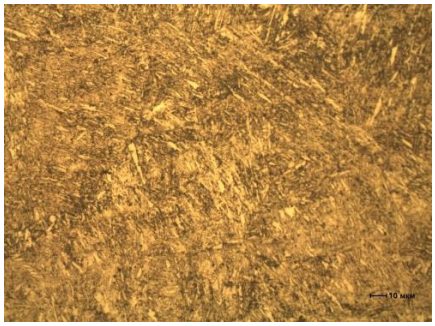


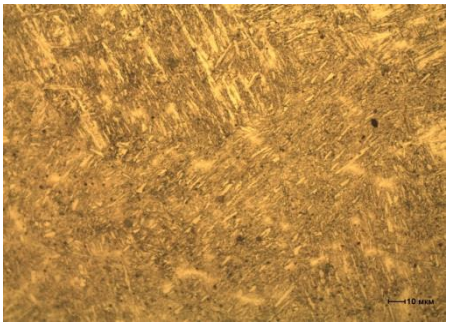
в г д

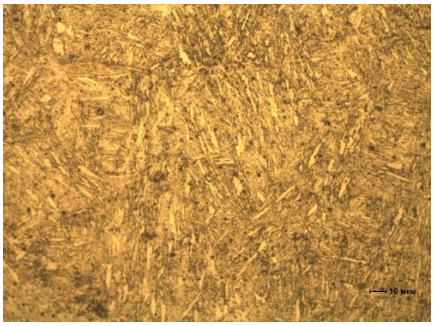




е ж







з и к

а – образец №1; б – образец №2; в – образец №3; г – образец №4; д – образец №5; е – образец №6; ж – образец №7; з – образец №8; и – образец №9; к – образец №10

Рисунок 1 – Микроструктура исследуемых образцов, Ч 500

Таблица 2 – Размер игл мартенсита в структуре наплавляемой стали 25Х5ФМС

№ образца	Размер игл мартенсита, мкм
7	3-12
8	3-11
9	2-15 (в некоторых областях 17-19)
10	2-15 (в некоторых областях 16-25)
11	3-15 (в некоторых областях 17-24)

Кроме того, введение в состав шихты углеродфторсодержащей пыли обеспечивает устранение ферритной составляющей в виде сетки, охрупчивающей сталь, в структуре образца №7, практически не оказывая при этом влияния на размер игл мартенсита и величину зерна аустенита. Размер игл мартенсита в структуре образца №7 составляет 3 – 11 мкм, величина зерна аустенита по шкале зернистости соответствует № 7 (таблица 2).

Известно, что никель является аустенитообразующим элементом и поэтому его использование обеспечивает измельчение зерна аустенита и таким образом оказывает положительное влияние на структуру стали 25Х5ФМС (рисунок 1) [6]. Наибольший эффект измельчения зерна аустенита наблюдается после введения в состав проволоки 0,81% никеля. В данном случае в структуре кроме зерен аустенита с №6 и №7 по шкале зернистости присутствуют зерна меньшего размера (величина зерна соответствует № 8) . Однако введение меньшего количества никеля 0,50 и 0,56% не оказывает такого же положительного влияния на размер зерна аустенита: величина зерна аустенита соответствует №6 и №7, так же как и у образцов с добавкой аморфного графита (образец №7) и углеродфторсодержащей пыли (образец №8).

При этом использование никеля в количестве 0,50, 0,56 и 0,81% увеличивает размер игл мартенсита. Установлено, что в структуре образцов № 8, 9 и 10 наблюдается крупноигольчатый мартенсит (балл №8) в виде темных и светлых игл размером 2-15 мкм с правильными и неправильными зубчатыми границами, а в некоторых областях и грубоигольчатый мартенсит (балл № 10) с размером игл 16-25 мкм, небольшое количество остаточного аустенита, ферритная сетка и присутствуют точечные мелкодисперсные карбиды размером 0,3 – 1,6 мкм (рисунок 1 з-к, таблица 2). Дополнительное введение 0,50% никеля в меньшей степени укрупняет иглы мартенсита (на 42%) по сравнению с использованием 0,56 и 0,81% никеля (на 56 и 54% соответственно) (таблица 2).

Введение никеля в состав проволоки увеличивает объемную долю остаточного аустенита на 51 – 72% (таблица 3, рисунок 2).

При этом в структуре образцов с никелем наблюдаются те же составляющие, что и в образцах с добавлением графита аморфного и углеродфторсодержащей пыли. Так, структура образцов № 3-5 представляет собой игольчатый троостит,

мартенсит и небольшое количество остаточного аустенита с незначительным содержанием включений карбидов (рисунок 1 в-д).

Таблица 3 – Объемная доля остаточного аустенита в наплавляемой стали 25Х5ФМС

№ образца	Объемная доля остаточного аустенита, %
1	4,3
2	5,6
3	15,6
4	14,7
5	8,4

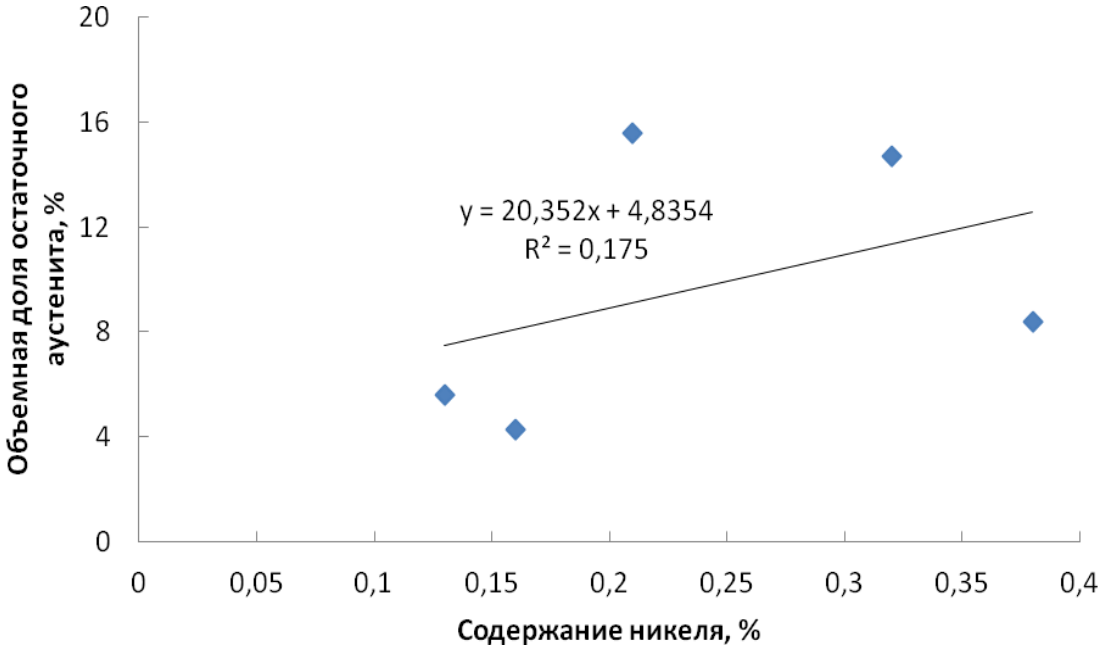


Рисунок 2 – Зависимость объемной доли остаточного аустенита от содержания никеля в порошковой проволоке 25Х5ФМС

Структура и соответственно свойства наплавленного слоя определяется не только количественным содержанием отдельных элементов, в частности, таких как никель и углерод, но и в значительной степени зависит от углеродного эквивалента. Поэтому для исследуемых образцов определяли углеродный эквивалент ($C_э$) по формуле 1, предложенной Международным институтом сварки (Европейский стандарт EN 1011-2:2001), по формуле 2, предложенной институтом электросварки им. Е.О. Патона и по формуле 3, согласно Российскому стандарту ГОСТ 27772-88 [7].

$$C_э = C + Mn/6 + (Cr+Mo+V)/5 + (Cu+Ni)/15, \quad (1)$$

$$C_э = C + Si/24 + Mn/6 + Cr/5 + Mo/4 + Ni/10 + (V+Cu)/14, \quad (2)$$

$$C_э = C + Si/24 + Mn/6 + Cr/5 + Mo/4 + Ni/40 + Cu/13 + V/14 + P/2, \quad (3)$$

где $C_э$ – углеродный эквивалент, %;
C, Si, Mn, Cr, Mo, V, Cu, Ni, P – массовая доля элементов, %
Результаты определения углеродного эквивалента представлены в таблице 4.

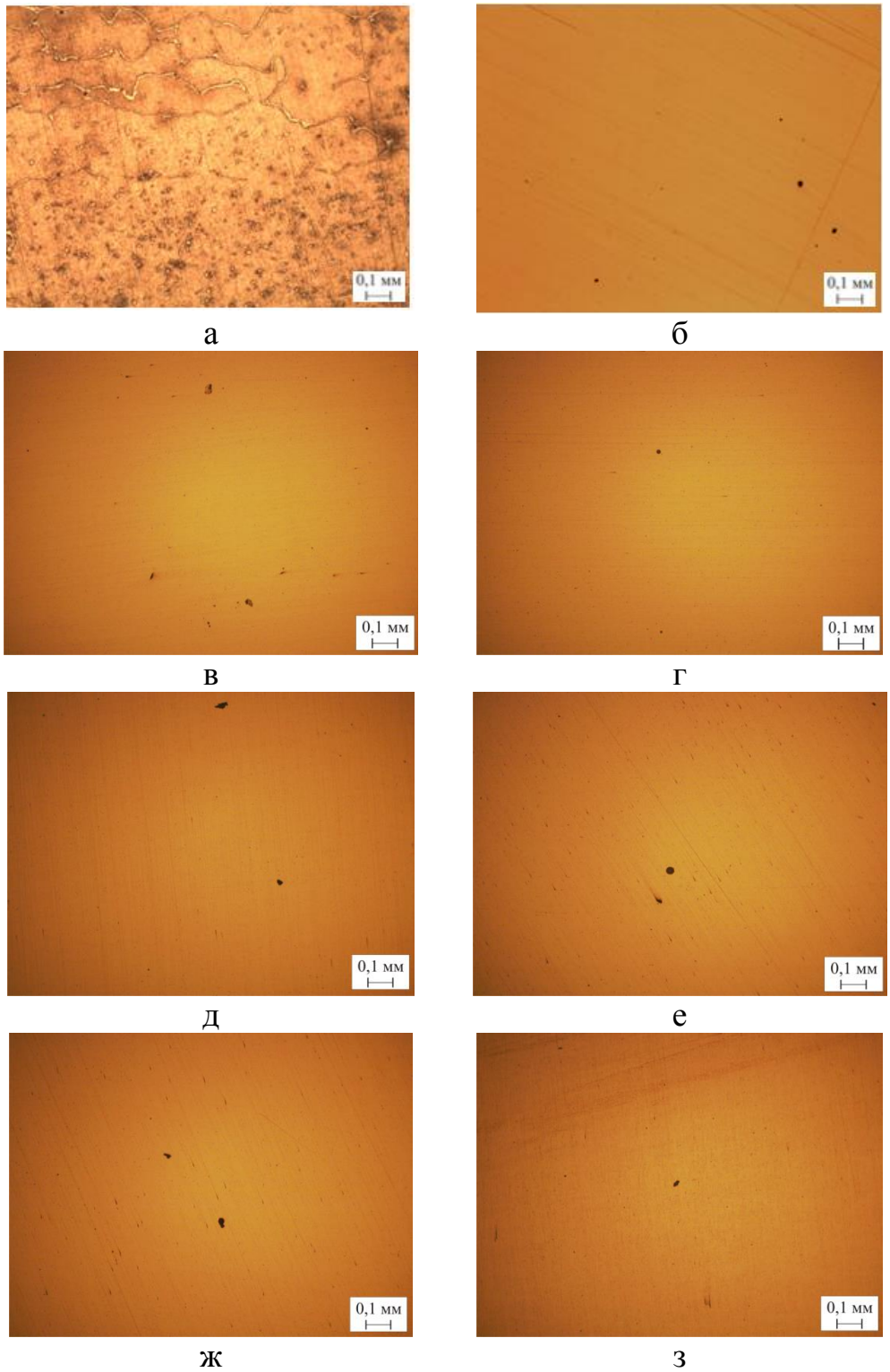
Таблица 4 – Углеродный эквивалент изучаемых образцов

№ образца	$C_{э1}$	$C_{э2}$	$C_{э3}$
1	0,81	0,89	0,88
2	1,66	1,74	1,73
3	1,60	1,65	1,64
4	1,76	1,82	1,80
5	1,66	1,74	1,71
6	1,31	1,36	1,35
7	1,17	1,22	1,21
8	1,30	1,35	1,32
9	1,29	1,36	1,31
10	1,25	1,33	1,27

В результате исследования наплавленного слоя на наличие неметаллических включений установлено, что введение в состав проволоки углеродфторсодержащего материала взамен аморфного углерода обеспечивает снижение уровня загрязненности стали неметаллическими включениями, так как удаляет строченые оксидные включения и силикаты недеформирующиеся (рисунок 3). Так, использование углеродфторсодержащей добавки (образец №2) способствует удалению значительного количества строчечных кислородных включений по сравнению с образцом №1 с добавкой аморфного графита.
Также введение углеродфторсодержащей пыли (образец № 7) удаляет силикаты недеформирующиеся балла 2 б и 3 б по сравнению с образцом №6 с добавкой аморфного углерода. В образце №7 наблюдаются только оксиды точечные того же балла (1 а), что и в образце №6.

Установлено, что использование взамен графита аморфного углеродфторсодержащего материала и никеля обеспечивает не только улучшение структуры, но и повышает уровень свойств стали 25Х5ФМС (таблица 5). Так, при изучении образцов из первой партии установлено, что

введение добавки углеродфторсодержащей пыли повышает твердость наплавленного слоя на 10% (образец №2).



а – образец №1; б – образец №3; в – образец №6; г – образец №7; д – образец №8; е, ж – образец №9; ж – образец №10

Рисунок 3 – Характер неметаллических включений в исследуемых образцах, Ч 100

Дополнительное использование никеля в количестве 0,21, 0,32 и 0,38% в большей степени (на 16 – 20%) увеличивает значения твердости стали 25Х5ФМС. В данном случае максимальное повышение твердости наблюдается после введения в состав проволоки 0,38% никеля (образец №5). Использование никеля в большем количестве (0,50, 0,56 и 0,81%) в меньшей степени повышает твердость наплавленного слоя (таблица 5).

Таблица 5 – Твердость наплавленного слоя исследуемых образцов

№ образца	HRC (HB) среднее / минимальное/максимальное
1	43,2 / 41,5 / 43,4
2	48,1 / 47 / 48,5
3	51,8 / 51 / 54
4	53,4 / 52 / 55
5	54,1 / 51 / 56
6	45,4 / 45,2 / 46,0
7	45 / 45,0 / 45,5
8	45,7 / 45,0 / 46,5
9	45,5 / 45,2 / 45,8
10	46,1 / 45,2 / 47,5

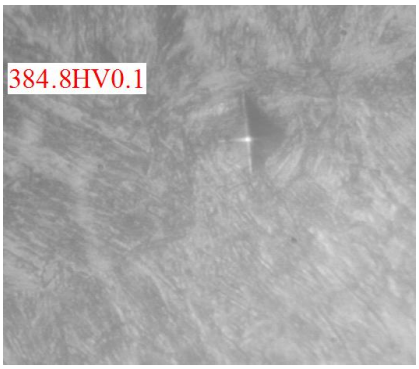
В результате изучения микротвердости мартенсита в структуре стали 25Х5ФМС и скорости истирания наплавленного слоя исследуемых образцов из второй партии установлено, что замена аморфного графита на углеродфторсодержащий материал незначительно снижает скорость истирания наплавленного слоя, при этом, практически не оказывает влияние на микротвердость мартенсита (таблица 6). Фотографии с отпечатком индентора при определении микротвердости приведены на рисунке 4.

Дополнительное введение в состав проволоки никеля повышает микротвердость мартенсита в структуре стали и снижает абразивный износ наплавленного слоя. Введение в состав проволоки никеля в количестве 0,81% значительнее увеличивает микротвердость мартенсита (с 385 до 483 HV), по сравнению с 0,50 и 0,56% никеля (с 385 до 402 и 476 HV соответственно). Кроме того, использование никеля в количестве 0,81 и 0,50 % значительнее уменьшает скорость истирания наплавленного слоя по сравнению с введением

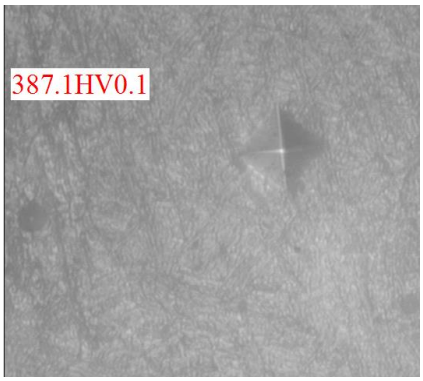
углеродфторсодержащей добавки раздельно и совместно с 0,56% никеля (таблица 6).

Таблица 6 – Микротвердость мартенсита в структуре стали 25Х5ФМС и скорость истирания наплавленного слоя исследуемых образцов

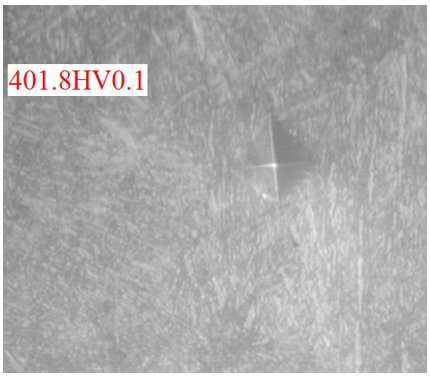
№ образца	$м_н$, HV	Скорость истирания, г/мин
7	385	0,00059
8	387	0,00055
9	402	0,00053
10	476	0,00057
11	483	0,00053



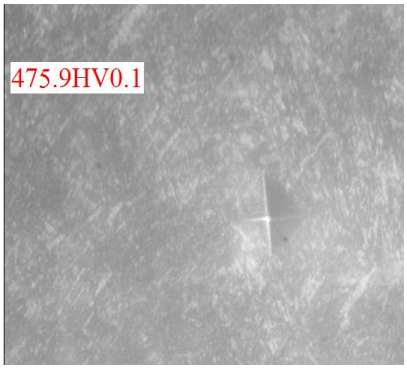
а



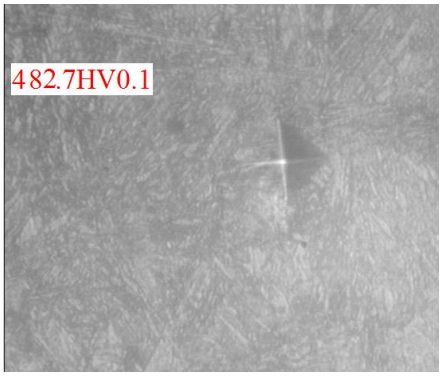
б



в



г



д

а – образец №6; б – образец №7; в – образец №8; г – образец № 9; д – образец №10

Рисунок 4 – Микротвердость мартенсита в структуре исследуемых образцов, Ч 400

Установлена зависимость повышения твердости наплавленного слоя от увеличения значений углеродного эквивалента. Графически отображена зависимость от углеродного эквивалента (рисунок 5), рассчитанного согласно Российскому стандарту ГОСТ 27772-88, поскольку в этом коэффициент детерминации имеет наибольшее значение.

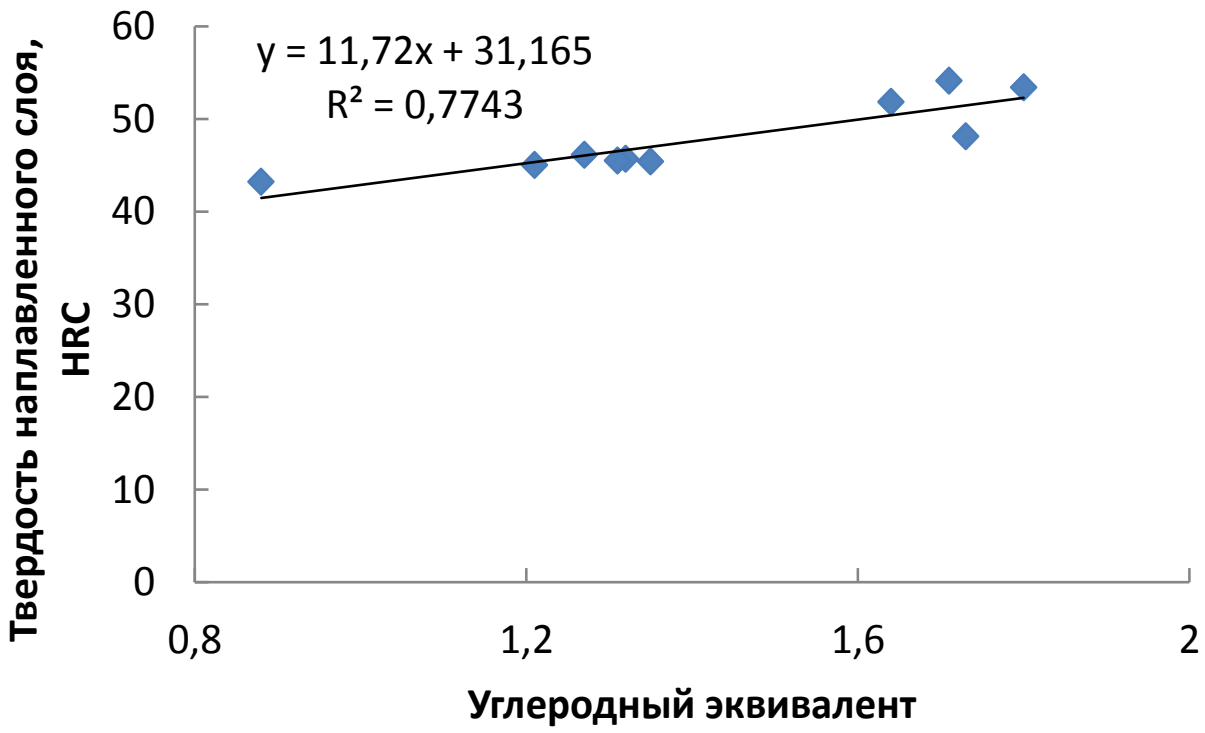


Рисунок 5 – Зависимость твердости наплавленного слоя от углеродного эквивалента проволоки марки 25Х5ФМС

Выводы

1. Введение в состав проволоки углеродфторсодержащего материала взамен аморфного графита удаляя ферритную сетку улучшает структуру наплавленного слоя из стали 25Х5ФМС, что может оказывать положительное влияние на ее трещиностойкость. При этом дисперсность и микротвердость мартенсита, а также твердость наплавленного слоя остается на том же уровне.
2. Введение в состав шихты углеродфторсодержащей пыли приводит к снижению уровня загрязненности неметаллическими включениями наплавляемого металла.
3. Использование углеродфторсодержащей добавки и никеля обеспечивает измельчение зерна аустенита, что, вероятно, может повысить термическую стойкость прокатных валков; способствует образованию мелкодисперсных карбидов, что на практике должно привести к повышению термической стойкости прокатных валков.
4. Дополнительное введение в состав шихты никеля повышает

микротвердость мартенсита и твердость наплавленного слоя. Наибольший эффект улучшения свойств наблюдается при использовании 0,81% никеля.

5. Использование углеродфторсодержащего материала и никеля снижает скорость истирания наплавленного слоя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рябцев, И. А. Механизированная электродуговая наплавка деталей металлургического оборудования / И. А. Рябцев, И. А. Кондратьев // Киев: Экотехнология, 1999. – 64 с.

2. Тылкин, М. А. Повышение долговечности деталей металлургического оборудования / М.: Металлургия. – 1971. – 210С.

3. http://www.tm-veltek.ru/

4. Исследование и разработка новых углеродфторсодержащих добавок для сварочных флюсов /Козырев Н.А., Крюков Р.Е., Роор А.В., Бащенко Л.П., Липатова У.И.//Известия вузов. Черная металлургия. -2015.- Том 58. -№ 4. -С. 258 – 261.

5. Технологические аспекты использования углеродфторсодержащей добавки при сварке под флюсом /Козырев Н. А., Крюков Н. Е., Крюков Р. Е., Игушев В. Ф., Ковальский И. Н.//Сварочное производство. – 2015. – №4. – С. 43 - 47.

6. Лахтин Ю.М. Материаловедение / Ю.Н. Лахтин, В.П. Леонтьева. – М.: Альянс, 2013. – 528 с.

7. Теория свариваемости сталей и сплавов / Э.Л. Макаров, Б.Ф. Якушин; под ред. Э.Л. Макарова. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2014. – 487 с.: ил.

УДК 621.791:624

Н.А. Козырев, Н.В. Кибко, А.А. Уманский, Д.А. Титов

УЛУЧШЕНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ СТАЛИ 35В9Х3СФ[3]

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

Порошковая проволока марки ПП-Нп-35В9Х3СФ по ГОСТ 26101-84 находит широкое применение для упрочнения валков горячей прокатки, так как наплавленный металл обладает высокой стойкостью против истирания при повышенных температурах. Однако его термическая выносливость относительно невысокая, поэтому валки, наплавленные этой проволокой, часто выходят из строя [1, 2].

В настоящее время в связи с этим проводятся работы по совершенствованию составов порошковых проволок на базе системы легирования C-Si-Mn-Cr-W-V. Так ООО «ТМ.ВЕЛТЕК» разработаны порошковые проволоки марок ВЕЛТЕК-Н500РМ, ВЕЛТЕК-Н500РМ, ВЕЛТЕК-Н505РМ, ВЕЛТЕК-Н550РМ, использование которых позволило одновременно добиться повышения трещиностойкости и износостойкости [3]. Наибольший эффект относительно использования проволоки ПП-Нп-35В9Х3СФ был получен при наплавке проволокой марки ВЕЛТЕК-Н505РМп: трещиностойкость повысилась в 2 раза, а износостойкость повысилась - в 1,3 раза. При этом структура металла наплавленного ВЕЛТЕК-Н505РМ состоит из троостита, мартенсита и тонких аустенитных оторочек по границам зерен, а также незначительного количества включений карбидной эвтектики [3].

С целью определения влияния состава порошковых проволок системы легирования C-Si-Mn-Cr-W-V на показатели стойкости наплавленных прокатных валков проведены исследования.

В лабораторных условиях изготовлены образцы порошковых проволок с введением углеродфторсодержащей пыли (отходы металлургического производства), со следующим химическим составом: масс. %: Al_2O_3 =21-46; F =18-27; Na_2O = 8-15; K_2O=0,4 – 6%; CaO=0,7- 2,3; SiO_2=0,5-2,5; Fe_2O_3=2,1-3,3; $C_{общ}$=12,5-30,2; MnO=0,07-0,9; MgO=0,06-0,9; S=0,09-0,19; P=0,10-0,18. Углеродфторсодержащую пыль вводили взамен аморфного графита, учитывая ранее полученные нами данные о том, что углерод в составе углеродфторсодержащей добавки обладает повышенной активностью, раскисляет металл и восстанавливает оксиды, находящиеся в металле и шлаке с образованием оксидов углерода [4, 5]. В состав ряда образцов проволоки вводили никель. Были изготовлены две партии образцов.

Для приготовления первой партии образцов в шихту вводили аморфный углерод, углеродфторсодержащую добавку и никель в количестве 0,29, 0,33 и

[1] Работа выполнена в СибГИУ в рамках проектной части Государственного задания Минобрнауки РФ № 11.1531.2014/к. При испытании, исследовании, измерении было использовано оборудование Центра коллективного пользования «Материаловедение» СибГИУ

0,61% (таблица 1, образцы 1 – 5). Во второй партии были изготовлены образцы с использованием графита аморфного, углеродфтосодержащей пыли и никеля в количестве 0,38, 0,46 и 0,58% (таблица 1, образцы 6 – 10). При этом изменялась концентрация кремния, марганца, молибдена, вольфрама и ванадия.

Таблица 1 – Химический состав исследуемых образцов

№ образца	Массовая доля элементов, %										
	C	Si	Mn	Cu	Cr	Mo	Ni	Al	W	V	Ti
1	0,27	1,62	1,42	0,19	2,93	0,14	0,14	0,04	11,39	0,47	0,02
2	0,23	0,69	1,04	0,21	1,92	0,09	0,16	0,039	5,58	0,15	0,019
3	0,24	0,83	1,83	0,24	2,16	0,09	0,29	0,054	7,49	0,27	0,019
4	0,26	0,77	1,72	0,26	2,17	0,09	0,33	0,042	6,12	0,29	0,016
5	0,33	1,37	1,06	0,22	2,80	0,10	0,61	0,07	10,71	0,42	0,04
6	0,14	0,45	1,69	0,02	2,60	0,01	0,08	0,019	8,84	0,36	0,005
7	0,14	0,51	1,73	0,11	2,09	0,01	0,08	0,012	7,66	0,14	0,005
8	0,13	0,45	1,74	0,09	2,18	0,01	0,38	0,008	8,11	0,09	0,005
9	0,13	0,49	1,68	0,09	2,27	0,01	0,46	0,005	8,21	0,13	0,004
10	0,13	0,60	1,54	0,09	2,66	0,02	0,58	0,044	7,58	0,15	0,005
Примечание: 1, 6 – образцы с добавлением графита аморфного; 2, 7 – образцы с добавлением углеродфторсодержащей пыли; 3 - 5 и 8 - 10 – образцы с добавлением углеродфторсодержащей пыли и никеля											

Химический состав наплавленного металла определяли рентгенофлуоресцентным методом на спектрометре XRF-1800 и атомно-эмиссионным методом на спектрометре ДФС -71.

Металлографический анализ осуществляли с помощью оптического микроскопа OLYMPUS GX-51 в светлом поле в диапазоне увеличений Ч100 – 1000 после травления поверхности образцов в 4 %-ном растворе азотной кислоты. Величину зерна определяли по ГОСТ 5639-82 при увеличении Ч100. Балл мартенсита оценивали при сопоставлении структуры с эталонами соответствующих шкал и размеров игл мартенсита с данными таблицы № 6 ГОСТ 8233-56. Определение длины игл мартенсита осуществляли с помощью пакета прикладных программ для металлографических исследований Siams Photolab 700. Исследование продольных образцов наплавленного слоя на наличие неметаллических включений проводили по ГОСТ 1778-70. Полированную поверхность изучали при увеличении Ч100 с помощью металлографического микроскопа ЛабоМет-1И.

Твердость определяли по методу Роквелла и Виккерса. Измерение твердости по Роквеллу осуществляли в соответствии с требованиями ГОСТ

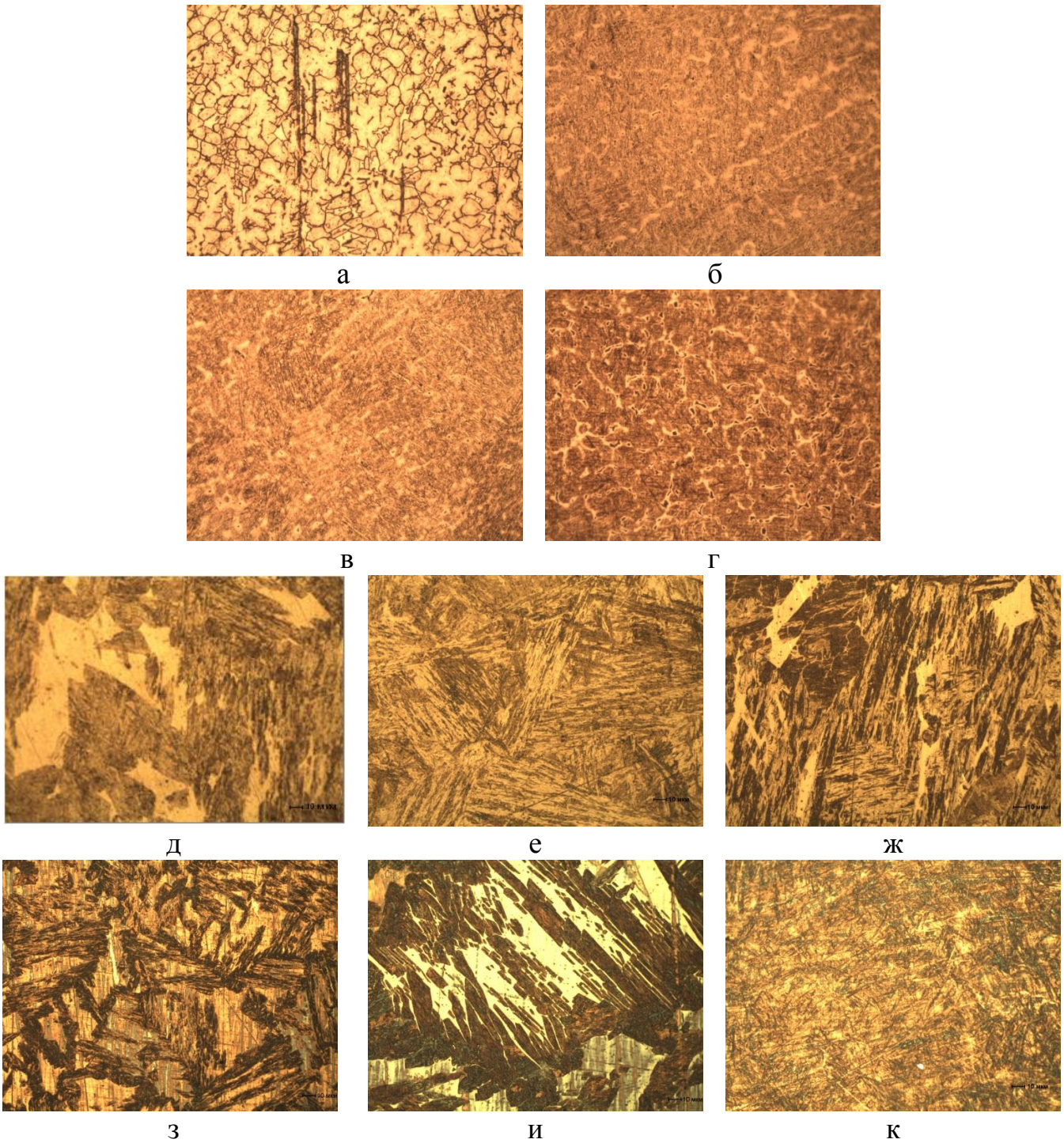
9013-59. В целях исследования свойств мартенсита, использовали метод определения микротвердости структурных составляющих по Виккерсу в соответствии с требованиями ГОСТ 9450-76. Исследования проводили на цифровом микротвердомере модели *HVS-1000* с автоматической поворотной головкой и цифровым отображением данных. Для каждого образца проводили 10 измерений микротвердости мартенсита, выполняемые следующим образом. В поверхность предварительно протравного металлографического шлифа вдавливался наконечник, имеющий форму четырехгранной алмазной пирамиды. Нагрузка составляла 1 Н. После снятия нагрузки определяли число твердости в соответствии с длинами диагоналей полученного отпечатка. Расчет числа твердости по Виккерсу, его отображение на экране компьютера и сохранение изображения с отпечатком были выполнены автоматически благодаря подключению CCD–камеры к компьютеру с платой видезахвата и соответствующим программным обеспечением анализа изображений.

Металлографический анализ образцов с содержанием аморфного графита показал, что их структура состоит из мартенсита и остаточного аустенита в межосевом пространстве (рисунок 1 а, б). При этом образец №1 из первой партии имеет дендритную структуру и по телу зерен распределены точечные карбиды вольфрама и хрома (рисунок 1 а).

Структура образца № 6 из второй партии представляет собой грубоигольчатый мартенсит (балл № 10), небольшое количество остаточного аустенита и точечные мелкодисперсные карбиды (рисунок 1 б). Величина зерна по шкале зернистости соответствует №6 и №7 (рисунок 2). В данном случае по всей поверхности шлифа наблюдается пористость. Размер пор составляет 640 – 1077 мкм.

Установлено, что использование углеродфторсодержащей добавки взамен аморфного углерода способствует снижению пористости. Это наглядно можно наблюдать в результате сравнительного анализа образцов №6 (с аморфным графитом) и №7 (с углеродфторсодержащей добавкой). При этом в данном случае наблюдаются микроструктурные изменения, заключающиеся в появлении в структуре ферритной составляющей. Так, в структуре образца № 7 кроме крупноигольчатого мартенсита (балл № 10) и небольшого количества остаточного аустенита присутствует феррит в виде отдельной структурной составляющей и в некоторых областях в виде сетки, наблюдаются карбиды дисперсного строения (рисунок 1 е). Величина зерна по шкале зернистости соответствует № 5 и № 4 (рисунок 2).

Для образцов из первой партии микроструктурные изменения вследствие введения в состав проволоки углеродсодержащей добавки заключаются в наличии в структуре образца №2 игольчатого троостита кроме мартенсита и сформированных по границам зерен отдельных тонких аустенитных оторочек и незначительного количества мелкодисперсных включений карбидов.



а – образец №1; б – образец №3; в – образец №4; г – образец №5;
д – образец №6; е – образец №7; ж – образец №8; з, и – образец №9;
к – образец №10

Рисунок 1 – Микроструктура исследуемых образцов, Ч 500

Показано, что введение в состав проволоки никеля уменьшает объемную долю остаточного аустенита, устраняет наличие ферритной составляющей, способствует измельчению игл мартенсита в структуре стали 35В9Х3СФ и снижению пористости. Так, использование никеля в количестве 0,29 и 0,33% значительно снижает объемную долю аустенита (на 66 и 56% соответственно) по сравнению с добавлением в состав проволоки углердфторсодерщей пыли

(таблица 2). При этом введение в состав проволоки никеля в количестве 0,29, 0,33, а также 0,61% не оказывает влияния на микроструктуру наплавленного слоя: структура образцов № 3-5 аналогична структуре образца №2 и представляет собой игольчатый троостит с мартенситом и остаточный аустенит с незначительным количеством включений карбидов (рисунок 1 б-г).

Добавление в состав шихты 0,38 и 0,46% никеля (образцы № 8 и 9) также практически не оказывает влияние на структурные составляющие стали 35В9Х3СФ. Структура исследуемых образцов представляет собой крупноигольчатый мартенсит (балл №10), феррит в виде отдельной структурной составляющей и небольшое количество остаточного аустенита. К тому же наблюдаются точечные мелкодисперсные карбиды (рисунок 1 ж, и). Размер зерен аустенита образца №8 по шкале зернистости соответствует № 5, 6 и 7, а для образца №9 размер зерна аустенита соответствует № 5 и №6 (рис. 2).

Введение в состав проволоки большего количества никеля 0,58% (образец №10) способствует устранению ферритной составляющей. Структура состоит из крупноигольчатого мартенсита (балл № 10) и небольшого количества остаточного аустенита с зернистостью №6 и №7 (рисунок 2), присутствуют точечные мелкодисперсные карбиды (рисунок 1 к). Мартенсит имеет более дисперсное строение по сравнению с остальными исследуемыми образцами, размер игл мартенсита составляет 7 – 42 мкм. В данном случае наблюдается снижение пористости

Следует отметить, что введение в состав проволоки углеродфторсодержащего материала без дополнительной добавки никеля увеличивает размер зерна аустенита.

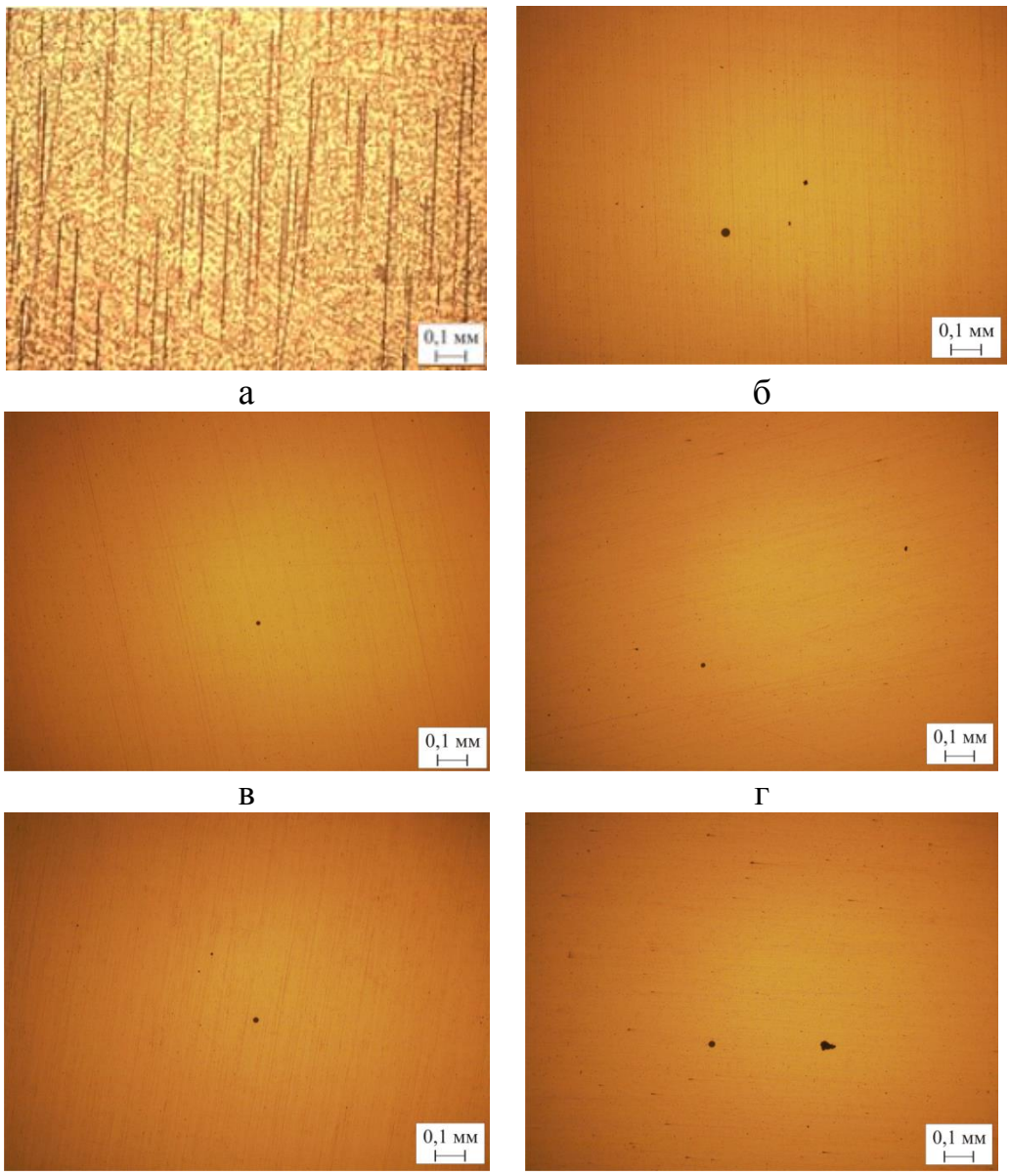
Таблица 2 – Объемная доля остаточного аустенита в наплавленном слое (среднее по трем полям)

№ образца	2	3	4
Объемная доля аустенита, %	15,4	5,2	6,8

При исследовании наплавленного слоя на наличие неметаллических включений установлено, что в образцах с добавкой аморфного графита наблюдается значительное количество строчечных кислородных включений (рисунок 2 а), которые являются концентраторами напряжений и местами зарождения хрупких трещин. Также обнаружены оксиды точечные балл 2 а и 1 а и силикаты недеформирующиеся балл 1 а (рисунок 2 б).

Использование углеродфторсодержащей добавки взамен аморфного графита снижает уровень загрязненности неметаллическими включениями: способствует удалению значительного количества строчечных кислородных включений (для образцов из первой партии), устраняет силикаты недеформирующиеся и уменьшает балл загрязненности оксидами точечными с 2а до 1а (для образцов из второй партии) (рисунок 2 в).

Введение в состав шихты углеродфторсодержащей пыли и никеля оказывает значительное влияние не только на структуру стали 35В9Х3СФ, но и как следствие на ее свойства.



а – образец №1, б – образец №6, в – образец №7,
г – образец №8; д – образец №9, е – образец №10

Рисунок 2 – Характер неметаллических включений в исследуемых образцах

При этом следует учитывать, что на свойства стали значительное влияние оказывает углеродный эквивалент ($C_э$). В связи с этим для исследуемых образцов определяли углеродный эквивалент по трем формулам: по формуле 1, предложенной Международным институтом сварки (Европейский стандарт EN 1011-2:2001); по формуле 2, предложенной институтом электросварки им. Е.О. Патона и по формуле 3, согласно Российскому стандарту ГОСТ 27772-88 [6].

$$C_э=C+Mn/6+(Cr+Mo+V)/5+(Cu+Ni)/15, \quad (1)$$

$$C_э=C+Si/24+Mn/6+Cr/5+Mo/4+ Ni/10+(V+Cu)/14, \quad (2)$$

$$C_э=C+Si/24+Mn/6+Cr/5+Mo/4+ Ni/40 +Cu/13+V/14+P/2, \quad (3)$$

где $C_э$ – углеродный эквивалент, %;
C, Si, Mn, Cr, Mo, V, Cu, Ni, P – массовая доля элементов, %
Результаты определения углеродного эквивалента представлены в таблице 3.

Установлено, что использование углеродфторсодержащей пыли и никеля взамен аморфного графита оказывает положительное влияние на твердость, микротвердость мартенсита и абразивный износ наплавленного слоя из стали 35В9Х3СФ. Причем наибольший эффект улучшения свойств наблюдается при введении в состав проволоки никеля.

Использование углеродфторсодержащей добавки взамен графита аморфного незначительно повышает значения твердости наплавленного слоя (таблица 4). Введение в состав проволоки никеля в большей степени повышает твердость стали. Использование никеля в количестве 0,29, 0,33 и 0,61% (образцы № 3-5) повышает твердость наплавленного слоя на 8-11%. Использование никеля в количестве 0,46 и 0,58% увеличивает значения твердости на 4 – 5% (таблица 4).

При исследовании второй партии образов было установлено, что использование углеродфосфорсодержащей добавки приводит к снижению микротвердости мартенсита на 5%, однако при этом уменьшает абразивный износ наплавленного слоя (таблица 5). Фотографии с отпечатком индентора при определении микротвердости приведены на рисунке 3.

Таблица 3 – Углеродный эквивалент изучаемых образцов

№ образца	$C_{э1}$	$C_{э2}$	$C_{э3}$
1	1,23	1,25	1,24
2	0,85	0,88	0,86
3	1,08	1,09	1,07
4	1,09	1,10	1,08
5	1,23	1,25	1,21
6	1,02	0,99	0,99
7	0,89	0,89	0,89
8	0,90	0,92	0,90
9	0,92	0,94	0,91
10	0,99	1,02	0,98

Введение в состав проволоки никеля повышает микротвердость мартенсита по сравнению с образцом №7. Использование 0,58% никеля в большей степени (на 22%) увеличивает значения микротвердости мартенсита. Введение никеля в количестве 0,46 и 0,38% повышает микротвердость мартенсита на 19 и 3% соответственно (таблица 5).

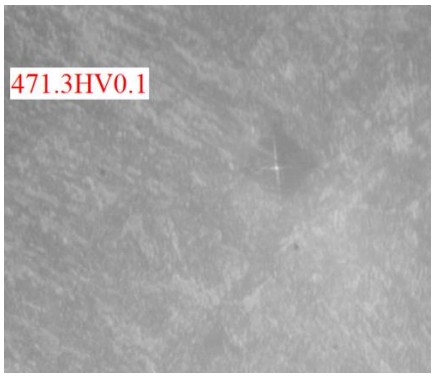
К тому же использование никеля уменьшает скорость истирания наплавленного слоя (таблица 5).

Таблица 4 – Влияние химического состава на твердость наплавленного слоя из стали 25Х5ФМС

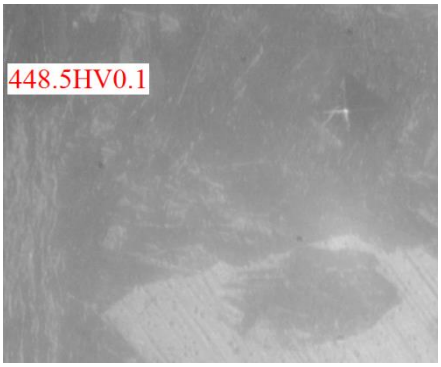
№ образца	HRC среднее минимальное/максимальное
1	49 48,7 / 49,2
2	50,8 49,3 / 51,2
3	53,3 51 / 54
4	53,0 51 / 53,5
5	54,8 53,4 / 55,1
6	45,5 45,2 / 46,0
7	46 45,2 / 47,0
8	45,5 45,2 / 47,0
9	47,2 45,0 / 49,0
10	48,0 46,5 / 50,0

Таблица 5 – Влияние химического состава на микротвердость мартенсита в структуре стали 25Х5ФМС и скорость истирания наплавленного слоя

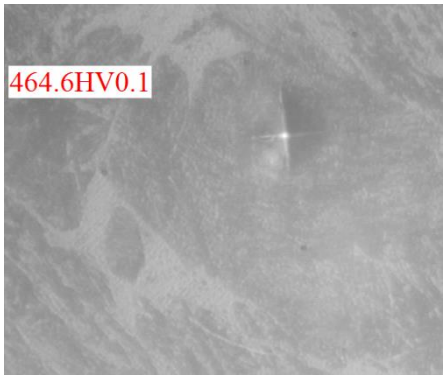
№ образца	$м_н$, HV	Скорость истирания, г/мин
6	471	0,00088
7	449	0,00052
8	464	0,00052
9	493	0,00065
10	547	0,00068



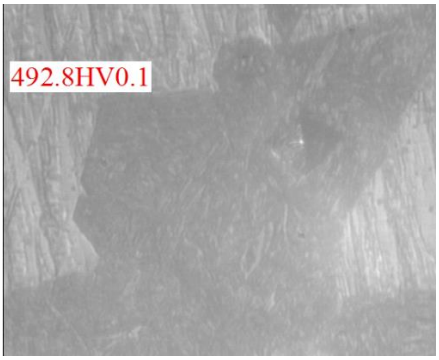
а



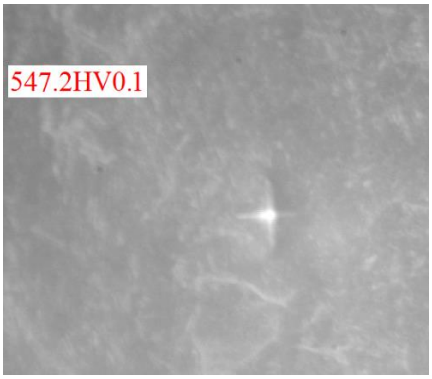
б



в



г



д

а – образец №6; б – образец №7; в – образец №8; г – образец №9;
д- образец №10

Рисунок 3 – Микротвердость мартенсита в структуре исследуемых образцов, Ч 400

Установлена зависимость между значениями углеродного эквивалента и свойствами наплавленного слоя: твердость и микротвердость мартенсита. Графически отображены зависимости от углеродного эквивалента (рисунок 5), рассчитанного согласно рекомендациям институтом электросварки им. Е.О. Патона, поскольку в этом случае коэффициент детерминации имеет наибольшее значение.

При увеличении углеродного эквивалента наблюдается повышение твердости наплавленного слоя (рисунок 4) и увеличение микротвердости мартенсита в структуре стали 35В9Х3СФ (рисунок 5).

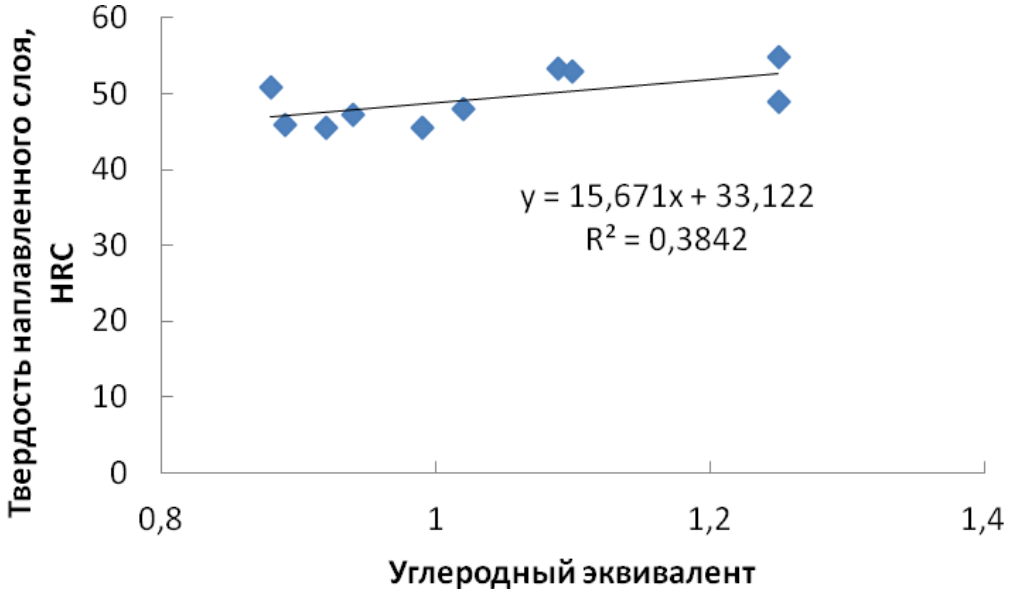


Рисунок 4 – Зависимость твердости от углеродного эквивалента стали 35В9Х3СФ

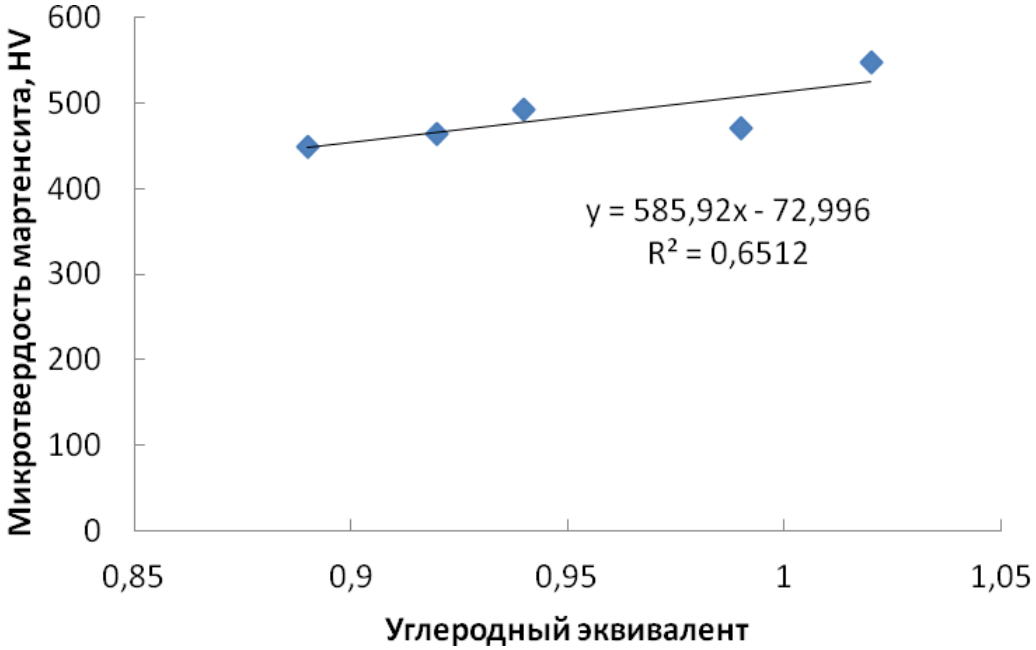


Рисунок 5 – Зависимость микротвердости мартенсита в структуре стали 35В9Х3СФ от углеродного эквивалента

Выводы

Установлено, что использование углеродфторсодержащей добавки взамен графита аморфного обеспечивает снижение уровня загрязненности стали неметаллическими включениями.

1. Введение в состав проволоки углеродфторсодержащей добавки и никеля способствует образованию мелкодисперсных карбидов, что может обеспечить повышение термической стойкости прокатных валков, и приводит к снижению пористости.

3. Использование никеля в количестве 0,58% способствует улучшению структуры за счет удаления ферритной составляющей, охрупчивающей сталь, и измельчения игл мартенсита.

4. Введение в состав проволоки углеродфторсодержащей добавки и никеля взамен графита аморфного повышает твердость наплавленного слоя и уменьшает скорость его истирания.

5. Дополнительное введение в шихту никеля обеспечивает повышение микротвердости мартенсита в структуре стали 35В9Х3СФ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Восстановительная наплавка валков прокатных станов порошковой проволокой / Титаренко В.И., Голякевич А.А., Орлов Л.Н., Мосыпан В.В., Бабенко М.А., Телюк Д.В., Тарасенко В.В.// Сварочное производство. – 2013. – №7. – С. 29-32.

2. Кащенко Ф.Д., Фрумин И.И., Гордань Г.Н. Особенности износа прокатных валков и вопросы разработки наплавочных материалов. // Современные способы наплавки и их применение. – Киев: ИЭС им. Е.О. Патона.- 1982.- С. 24–29.

3. Кондратьев, И. А. Дуговая и электрошлаковая наплавка валков прокатных станов / И. А. Кондратьев, И. А. Рябцев, Ю. М. Кусков // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2005. – №4. – С. 14-17.

4. New carbon-fluorine containing additive for the welding fluxes/ N.A. Kozyrev, R. E. Krukov, D.E. Kolmogorov// Mechanics and materials vol.682(2014) - P. 495-498.

5. Effect of carbon- and fluorine-containing additions in the composition of fluxes on the content of nonmetallic inclusions and properties of welded joints / N.A. Kozyrev, V.F. Igushev, R. Ev. Krukov, Z.V. Goldun, I.N. Kovalsky // Welding International . – 2013. – Vol. 27. - № 12, p. 963 – 965.

6. Теория свариваемости сталей и сплавов / Э.Л. Макаров, Б.Ф. Якушин; под ред. Э.Л. Макарова. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2014. – 487 с.

УДК 621.791:624

Н.А. Козырев[1], Н.В. Кибко[1], А.А. Уманский[1], Д.А. Титов[1], П.Д. Соколов[2]

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТАВА ПОРОШКОВЫХ ПРОВОЛОК НА ХАРАКТЕРИСТИКИ НАПЛАВЛЕННОГО СЛОЯ ПРОКАТНЫХ ВАЛКОВ

[1] Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк
[2] ООО «ЭлСиб», г. Новокузнецк

На отечественных и зарубежных металлургических предприятиях широкое распространение получила технология восстановления рабочей поверхности прокатных валков путем наплавки. Использование данной технологии позволяет достичь значительного повышения стойкости прокатных валков. Несмотря на широкий спектр используемых марок порошковых проволок для наплавки, наибольшее распространение получили две системы легирования: C-Si-Mn-Cr-W-V и C-Si-Mn-Cr-V-Mo [1-4].

Первая система легирования представлена порошковой проволокой марки ПП-Нп-35В9Х3СФ, содержащей до 10 % вольфрама. Наплавленные указанной порошковой проволокой валки обладают высокой стойкостью против истирания при повышенных температурах, однако их термическая выносливость относительно невысока – валки, наплавленные данной проволокой, часто выходят из строя из-за образования сетки трещин разгара и выкрашивания.

Использование порошковых проволок системы легирования C-Si-Mn-Cr-V-Mo позволяет получать наибольшее сопротивление термической усталости металла. Так применение порошковой проволоки марки ПП-Нп-25Х5ФМС позволяет достичь высоких значений ударной вязкости наплавленного металла при повышенных температурах [5, 6].

Следует отметить, что ресурс традиционных наплавочных материалов на сегодняшний момент практически исчерпан и активно ведутся разработки новых составов порошковых проволок. В частности ООО «ТМ. ВЕЛТЕК» и ЧНПКФ «РЕММАШ» совместно с металлургическими заводами КГМК «Криворожсталь», ДМК им. Дзержинского и МК «Запорожсталь» выполнен комплекс работ, направленных на совершенствование наплавочных материалов, технологии и оборудования для наплавки прокатных валков [7].

В рамках развития направления по совершенствованию составов наплавочных материалов разработаны новые составы порошковых проволок на базе Нп-25Х5ФМС и Нп-35В9Х3СФ с использованием углеродфторсодержащего материала – пыли газоочистки алюминиевого производства. Проведенные ранее эксперименты по использованию данного материала в качестве добавки для сварочных флюсов показали, что углерод в составе углеродфторсодержащей пыли обладает повышенной активностью,

раскисляет металл и восстанавливает оксиды, находящиеся в металле и шлаке с образованием оксидов углерода [8, 9].

Для проведения экспериментальных исследований в лабораторных условиях изготовлены образцы порошковых проволок типа ПП-Нп-25Х5ФМС и ПП-Нп-35В9Х3СФ с использованием взамен аморфного углерода пыли газоотчистки алюминиевого производства со следующим химическим составом, масс. %: Al_2O_3 =21-46; F =18-27; Na_2O = 8-15; K_2O=0,4 – 6%; CaO=0,7- 2,3; SiO_2=0,5-2,5; Fe_2O_3=2,1-3,3; $C_{общ}$=12,5-30,2; MnO=0,07-0,9; MgO=0,06-0,9; S=0,09-0,19; P=0,10-0,18. В ряд образцов вводили порошкообразный никель. Наплавку проводили на пластины из стали 09Г2С за 6 подходов.

При проведении исследований для каждой системы легирования изготавливали образцы стандартного состава (с использованием аморфного графита), образцы с использованием углеродфторсодержащей добавки (взамен аморфного графита) и образцы с одновременным использованием углеродфторсодержащей добавки и порошка никеля.

Химический состав наплавленного металла определяли рентгенофлуоресцентным методом на спектрометре XRF-1800 и атомно-эмиссионным методом на спектрометре ДФС -71. Металлографический анализ осуществляли с помощью оптического микроскопа OLYMPUS GX-51 в светлом поле в диапазоне увеличений ×100 – 1000 после травления поверхности образцов в 4 %-ном растворе азотной кислоты. Величину зерна определяли по ГОСТ 5639-82 при увеличении ×100. Исследование продольных образцов наплавленного слоя на наличие неметаллических включений проводили по ГОСТ 1778-70. Полированную поверхность изучали при увеличении ×100 с помощью металлографического микроскопа ЛабоМет-1И.

Твердость определяли по методу Роквелла в соответствии с требованиями ГОСТ 9013-59.

По результатам проведенных металлографических исследований установлено, что введение в состав проволок марок 25Х5ФМС и 35В9Х3СФ углеродфторсодержащей добавки обеспечивает снижение уровня загрязненности неметаллическими включениями наплавляемого металла (рисунки 1, 2): происходит значительное снижение количества строчечных кислородных включений и силикатов недеформирующихся в структуре образцов.

Использование углеродфторсодержащей добавки в шихте для производства порошковой проволоки 25Х5ФМС приводит к удалению ферритной сетки (рисунок 3 б), что способствует повышению трещиностойкости стали и образованию мелкодисперсных карбидов в структуре стали (рисунок 3 г).

Установлено, что использование углеродфторсодержащего материала взамен графита аморфного обеспечивает не только улучшение структуры, но и повышает уровень свойств наплавленного слоя – зафиксировано повышение средней твердости наплавленного слоя на 5 % и 3 % для наплавки порошковыми проволоками марок 25Х5ФМС и 35В9Х3СФ соответственно

(таблица 1).

С целью определения влияния химического состава порошковой проволоки на твердость наплавляемого слоя проведено исследование методом множественного регрессионного анализа. В результате получены уравнения вида:

Для проволоки марки ПП-Нп-25Х5ФМС

$$HRC = 41{,}3 + 157{,}8 \cdot C + 4{,}3 \cdot Si - 0{,}4 \cdot Cr - 4{,}0 \cdot Ni + 47{,}8 \cdot Ti, \quad (1)$$

$R_{\text{сов}} = 0{,}93$

Для проволоки марки ПП-Нп-35В9Х3СФ

$$HRC = 34{,}2 + 298{,}8 \cdot C - 6{,}9 \cdot Mn - 1{,}3 \cdot Cr + 4{,}7 \cdot W + 5{,}0 \cdot V + 19{,}9 \cdot Ti, \quad (2)$$

$R_{\text{сов}} = 0{,}97$

Таблица 1 – Твердость наплавленного слоя исследуемых образцов

Марка порошковой проволоки	Состав порошковой проволоки	Твердость наплавленного слоя, HRC		
		средняя	max	min
25Х5ФМС	Стандартный	43,2 – 45,4	43,4 – 46,0	41,5 – 45,2
	С использованием углеродфторсодержащей пыли	45,0 – 48,1	45,5 – 48,5	45,0 – 47,0
35В9Х3СФ	Стандартный	45,5 – 49,0	46,0 – 49,2	45,2 – 48,7
	С использованием углеродфторсодержащей пыли	46,0 – 50,8	45,2 – 49,3	47,0 – 51,2

По полученным данным в рассматриваемых пределах изменения содержания элементов наибольшее влияние на твердость поверхности наплавляемого слоя оказывает углерод. При повышении содержания углерода на 0,1 % в проволоке 25Х5ФМС твердость возрастает на 15 единиц HRC, в проволоке 35В9Х3СФ – на 30 единиц HRC. Полученные данные соответствует общепринятым представлениям о влиянии углерода на механические свойства сталей и сплавов.

Применительно к использованию проволоки марки ПП-Нп-25Х5ФМС некоторому увеличению твердости наплавленного слоя способствует увеличение содержания кремния и титана. При этом с учетом интервала изменения указанных элементов степень воздействия кремния может составлять до 5 единиц HRC, а титана – не более 1 единицы HRC.

Для проволоки марки ПП-Нп-35В9Х3СФ повышению твердости наплавляемого слоя способствует увеличение содержания таких элементов, как титан, ванадий и вольфрам. Увеличение концентрации вольфрама в

рассматриваемых пределах приводит к повышению твердости до 30 единиц HRC. Влияние концентрации ванадия и титана на твердость наплавляемого слоя значительно менее выражено и составляет в абсолютных значениях до 2 и 1 единицы HRC соответственно.

Введение никеля в состав проволоки увеличивает объемную долю остаточного аустенита (рисунок 4), приводит к измельчению зерна аустенита, что способствует повышению термической стойкости наплавленного слоя.

Проведенные исследования позволили разработать новые, защищенные патентами РФ, составы порошковых проволок для наплавки прокатных валков [10, 11] – таблицы 2, 3.

Таблица 2 – Состав порошковой проволоки (прототип проволока марки ПП-Нп-25Х5ФМС) – [10]

Наименование компонента	Содержание компонента, %
оболочка	67,0-68,0
ферромарганец	0,50-1,20
ферросилиций	1,0-1,75
феррохром	7,2-9,1
ферромолибден	1,5-2,3
феррованадий	0,6-0,8
углеродфторсодержащая пыль фильтров	
алюминиевого производства	0,70-1,20
железный порошок	остальное

Таблица 3 – Состав порошковой проволоки (прототип проволока марки ПП-Нп-35В9Х3СФ) – [11]

Наименование компонента	Содержание компонента, %
оболочка	67,0-68,0
ферровольфрам	10,0-13,75
ферромарганец	0,76-1,41
ферросилиций	0,26-1,34
феррохром	3,38-5,38
феррованадий	0,4-1,0
никель	0,1-1,0
углеродфторсодержащая пыль электрофильтров	
алюминиевого производства	0,80-2,58
железный порошок	остальное

Опытно-промышленное опробование указанных составов проволоки проводили путем наплавки заготовок рабочих валков с диаметром рабочей части 150 мм, длиной 425 мм. Использовали проволоку диаметром 3,6 мм, при коэффициенте заполнения 0,32-0,33. Наплавка производилась под флюсом на следующих режимах: сварочный ток 380-400 А, напряжение дуги 32-34 В, скорость наплавки 25 м/ час, скорость подачи порошковой проволоки 73 м/час.

Наличие трещин в процессе наплавки оценивали визуально, после наплавки наличие трещин, пор и неметаллических включений оценивали ультразвуковым и магнитопорошковым методами, а также на металлографических шлифах. Содержание водорода в наплавленном металле определялось методом восстановительного плавления в вакууме или в потоке инертного газа-носителя на газоанализаторе фирмы «LECO» TC-600 (США).

При наплавке порошковой проволокой с шихтой заявляемого состава дефекты (трещины, поры и неметаллические включения) не обнаружены.

По полученным данным содержание водорода изменялось в пределах 0,2-0,6 $см^3$/100 г и 0,2-0,7 $см^3$/100 г наплавленного металла для проволок состава согласно таблиц 2 и 3 соответственно (допустимое содержание водорода в высоколегированном наплавленном металле составляет до 2 $см^3$/100 г металла). Низкое содержание водорода объясняется его эффективным удалением за счет комплекса фторсодержащих соединений, входящих в состав углерофторсодержащей пыли. Указанные соединения разлагаются при температурах сварочных процессов с выделением фтора, который в свою очередь взаимодействует с водородом, растворенным в стали, с образованием газообразных соединений типа HF.

Твердость наплавленного металла составила 48-54 HRC и 42-46 HRC для проволок состава согласно таблиц 2 и 3 соответственно. Повышение твердости обусловлено интенсивным науглероживанием при взаимодействии фтористого углерода CFx ($1 \geq x > 0$) с карбидообразующими элементами, что позволяет увеличить количество карбидной составляющей в структуре наплавленного металла.

Технология наплавки валков с использованием предложенных порошковых проволок систем легирования C-Si-Mn-Cr-W-V и C-Si-Mn-Cr-V-Mo внедрена в производство в условиях ООО «ЭлСиб».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трайно, А. И. Рациональные режимы эксплуатации и восстановления прокатных валков / А. И. Трайно // Сталь. – 2008. – № 10. – С. 86-91.

2. Шебаниц, Э. Н. Повышение трещиностойкости и сопротивления износу наплавленных рабочих валков горячей прокатки / Э. Н. Шебаниц, Н. И. Омельяненко, Ю. Н. Куракин, В. Н. Матвиенко // Металлург. – 2012. – № 8 – С. 72-75.

3. Матвиенко, В. Н. Восстановление наплавкой деталей металлургического оборудования в условиях ОАО «ММК им. Ильича» / В. Н.

Матвиенко, С. В. Гулаков, В. А. Роянов // Металл и литье Украины. – 2005. – №7-8. – С. 66-69.

4. Титаренко, В. И. Восстановительная наплавка валков прокатных станов порошковой проволокой / В. И. Титаренко, А. А. Голякевич, Л. Н. Орлов, В. В. Мосыпан, М. А .Бабенко, Д. В. Телюк, В. В. Тарасенко // Сварочное производство. – 2013. – №7. – С. 29-32.

5. Кондратьев, И. А. Исследование структурной неоднородности наплавленного металла типа 35В9Х3СФ и ее влияние на работоспособность наплавленных прокатных валков // И. А. Кондратьев, В. Г. Васильев, И. Я. Дзыкович // Автоматическая сварка. – 1996. – № 6. – С.17–20.

6. Кондратьев, И. А. Дуговая и электрошлаковая наплавка валков прокатных станов / И. А. Кондратьев, И. А. Рябцев, Ю. М. Кусков // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2005. - № 4. – С. 14-17.

7. http://www.tm -veltek.ru/

8. Козырев, Н. А. Исследование и разработка новых углеродфторсодержащих добавок для сварочных флюсов / Н. А. Козырев, Р. Е. Крюков, А. В. Роор, Л. П. Бащенко, У. И. Липатова // Известия вузов. Черная металлургия. – 2015. – Том 58. – № 4. – С. 258-261.

9. Козырев, Н. А. Технологические аспекты использования углеродфторсодержащей добавки при сварке под флюсом / Н. А. Козырев, Н. Е. Крюков, Р. Е. Крюков, В. Ф. Игушев, И. Н. Ковальский // Сварочное производство. – 2015. – № 4. – С. 43-47.

10. Пат. 2518211 РФ, МПК [8] B23 K35/368 Порошковая проволока/ Козырев Н.А., Игушев В.Ф., Титов Д.А., Козырева О.Е., Старовацкая С.Н.; ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет.- №2013121468/02 (031580), заявл. 07.05.2013; опубл. 10.06.2014, Бюл. № 16. – 7 с.

11. Пат. 2518035 РФ, МПК [8] B23 K35/368 Порошковая проволока/ Козырев Н.А., Игушев В.Ф., Титов Д.А., Козырева О.Е.; ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет.- №2013128792/02 (042890), заявл. 24.06.2013; опубл. 10.06.2014, Бюл. № 16. – 7 с.

УДК 621.785.533:620.129.46

А. М. Апасов[1], Э. В. Козлов[2], С. Н. Федосеев[1]

К ВОПРОСУ О КАЧЕСТВЕ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ КОНСТРУКЦИОННОЙ ЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ. Ч. 1. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

[1] Юргинский технологический институт филиал Томского политехнического университета», г. Юрга
[2] Томский государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск

Введение

Бесперебойная работа конвейера при разработке мощных подземных пластов каменного угля связана с гарантией высокой степени надежности [1] привода редуктора, обеспечивающего непрерывную подачу транспортерной ленты и предотвращающего завалы. Это, в свою очередь, может быть реализовано только при использовании качественного технологического процесса изготовления зубчатых шестерен из конструкционной легированной стали, которые работают на сдвиг и смятие, в составе привода.

В связи с этим проблема разработки бездефектной технологии изготовления зубчатых шестерен из конструкционной легированной стали является весьма актуальной. Одним из методов повышения их износостойкости и поверхностной прочности является химико-термическая обработка, в частности, нитроцементация.

Изучению строения нитроцементованного слоя металла зуба шестерни посвящена работа [2], в которой установлено, что по мере удаления от поверхности нитроцементованный слой изменяется, т.е. в материале сформирована градиентная структура. Работа [3] явилась логическим продолжением цикла экспериментов, результаты которых были опубликованы в статье [2]. При этом основной целью являлось продолжение исследования градиентных структурно-фазовых состояний, формирующихся в конструкционной легированной стали марки 20Х2Н4А мартенситного класса при высокотемпературной нитроцементации и последующей термической обработки методами рентгеноструктурного анализа и оптической микроскопии. При этом были установлены зависимости структурно-фазовых состояний стали 20Х2Н4А от расстояния до поверхности нитроцементации. Показано, что нитроцементация и низкий отпуск оказывают существенное влияние на параметры градиентных структурно-фазовых состояний.

В статье [4] приведены данные, позволившие установить механизм зарождения микротрещин. Тем не менее, до сих пор остаются неизвестными этапы изготовления зубчатых шестерен, на которых зарождаются трещины и особенности их дальнейшего формирования. Решению этой немаловажной задачи и посвящено данное исследование.

Методика проведения исследований

Известно, что одним из основных несовершенств металла, подвергнутого цементации и, в особенности, азотированию, являются внутренние остаточные напряжения. При этом в поверхностном слое создаются сжимающие напряжения, в середине – растягивающие. Они могут достигать значительных величин и, тем более, при сложной и переменной конфигурации деталей, узлов, изделия. Возникающие большие внутренние напряжения являются источниками зарождения, формирования и развития микротрещин, которые в дальнейшем (при определенных условиях) трансформируются в магистральную трещину с образованием свободных поверхностей, приводящих в итоге к разрушению изделия в целом.

Нитроцементация поверхности детали (зубья шестерни) из стали 20Х2Н4А была проведена при температуре 920 ^{o}С. При этом толщина нитроцементованного слоя составила 1500 мкм. Термическая обработка образцов после нитроцементации состояла из высокого отпуска при 620 ^{o}С (1 час), закалки от 820 ^{o}С в масло и низкий отпуск при 180 ^{o}С в течение 1 часа (таблица 1).

Для проведения *оптической микроскопии* на электроискровом станке были вырезаны участки зуба из неразрушенной шестерни. Они представлены на рис. 1, причем шлифы изготовлены как в параллельной (сеч. 1, рисунок 1а), так и в перпендикулярной (сеч. 2, рисунок 1б) плоскости относительно нитроцементованной поверхности зуба. Шлифование проведено с целью удаления следов электроэрозионной резки. Для создания зеркальной поверхности образец подвергнут электролитическому полированию. При этом:

1. Для выявления микротрещин применено электролитическое травление в пересыщенном растворе хромового ангидрида в H_3PO_4.

2. Зеренная структура определена с помощью электролитического травления в 10 %-ном растворе HCl.

3. Карбидная структура установлена в результате электролитического травления образцов в 50 %-ном растворе соляной кислоты.

Таблица – 1 Термическая обработка образцов

Номер образца	Состояние образца	Расстояние от поверхности исследованных образцов
Исх.	Состояние поставки	Центр образца
Обр.8	Нарезка зубьев	1) Поверхность; 2) 1,6 мм от поверхности зуба
Обр.12	Нитроцементация 920°С	1) Поверхность; 2) 2,07 мм от поверхности зуба
Обр.13	Отпуск при 620°С, 1 час	1) Поверхность; 2) 2,17 мм от поверхности зуба
Обр.14	Закалка от 820°С в масло	1) Поверхность; 2) 2,0 мм от поверхности зуба
Обр.15	Отпуск при 180°С, 1 час	1) Поверхность; 2) 2,1 мм от поверхности зуба

В дальнейшем подготовленные образцы были исследованы с помощью металлографического микроскопа МИМ-10 при увеличениях 50, 100, и 380 крат. Увеличение до 1500 крат необходимо было для изготовления фотографий микроструктур.

На основе оптической микроскопии были идентифицированы растворы и структура зон нитроцементованного слоя, форма и размеры реального и наследственного зерен, размеры и расположение крупных частиц карбонитридов, наличие микротрещин и их траектории.

Рентгеноструктурный анализ (*РСА)* образцов выполнен с помощью рентгеновского дифрактометра ДРОН-1,5 с автоматическим сканированием рентгеновского пучка в интервале углов от 19 до 150 градусов в фильтрованном Fe-$K_б$-излучении. Запись производилась в автоматическом режиме на диаграммную ленту со скоростью 1/2 градуса в минуту. На рентгенограммах индицировались рефлексы с целью определения основных фазовых составляющих.

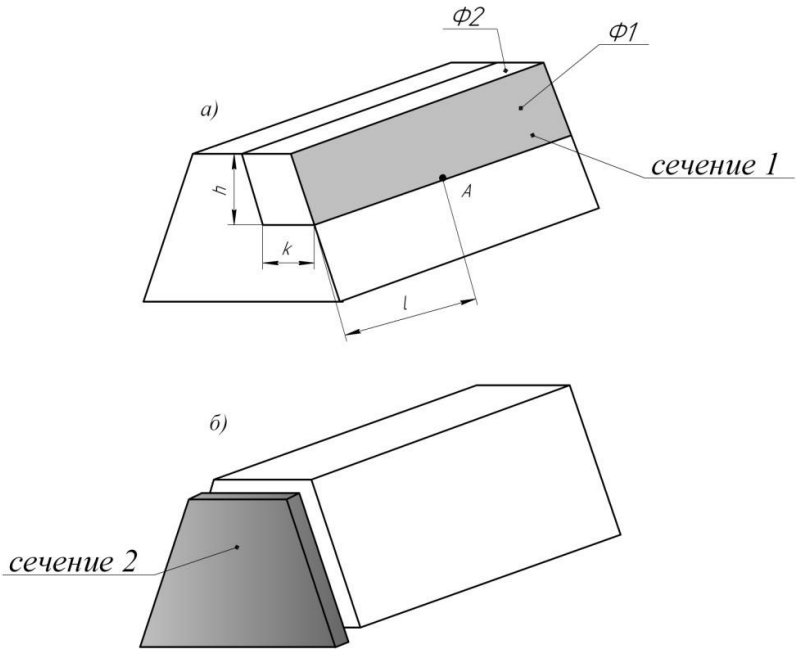


Рисунок 1 – Схема вырезки образцов из зуба шестерни для металлографии, электронной микроскопии и рентгеноструктурного анализа (сечение 1) и металлографии (сечение 2) на электроискровом станке. А – области исследования материала (методами электронной микроскопии и рентгеноструктурного анализа), расположенные на разных от поверхности зуба: h = 4,5 мм; *l*= 15 мм; k = 0 (поверхность зуба – Ф1) и ~2 мм (Ф2)

Использование основных дифракционных максимумов б-Fe и г-Fe фаз с применением известных методик позволило рассчитать параметры решетки (экстраполяция по функции $\cos^2$б), внутренние микроискажения и микронапряжения II рода, а также провести анализ на текстуру (эталонные данные взяты из [5, 6]).

Из анализа уширения дифракционных максимумов были получены сведения о микроискажениях и размерах блоков когерентного рассеяния кристаллической решетки основной фазы. Уширение дифракционных

максимумов обусловлено тремя причинами: конечной шириной спектральной линии (Fe-$K_б$), геометрическими условиями съемки и состоянием исследуемого образца [7]. Вклад в уширение рефлекса, обусловленный несовершенством исследуемого кристалла, называется истинным физическим уширением рентгеновской линии в(2и). Его получают сравнением ширины рефлекса исследуемого кристалла с шириной рефлекса от эталонного бездефектного образца. В качестве эталона был использован монокристалл отожженного химически чистого железа.

Выполненный рентгеноструктурный фазовый анализ был качественным и количественным. При проведении качественного фазового анализа были использованы картотеки [5,6]. По рентгенограммам индицировались рефлексы для определения основных фазовых составляющих. Количественный фазовый анализ охарактеризован на основе значений интегральной интенсивности дифракционных линий. Наличие текстуры определено по отношению интенсивности рефлекса (110) б-Fe к интенсивностям рефлексов (200), (211) и (220) этой же фазы с последующим сравнением с эталонным отношением интенсивностей для б-Fe. Интенсивность рефлекса (110) б-Fe принята за 100%.

Просвечивающая электронная микроскопия (*ПЭМ)* проведена на тонких фольгах. Тонкие пластинки металла были вырезаны из различных слоев зуба (рисунок 1а) параллельно поверхности нитроцементованного слоя.

Отрезанные на электроискровом станке металлические пластинки толщиной ~ 0,25 мм предварительно были химически очищены от следов резки в растворе H_2O_2 с добавлением нескольких капель HF. Затем осуществлено их утонение электролитическим способом в пересыщенном растворе хромового ангидрида в H_3PO_4 до толщины ~ 0,17 мкм и просмотр в электронных микроскопах типа ЭМ-125 и ЭМ-125К при ускоряющем напряжении 125 кВ. При этом рабочее увеличение в колонне электронного микроскопа составило от 8000 до 25000 крат. Окончательное увеличение было достигнуто с помощью фотопечати.

Для идентификации фаз, присутствующих в металле, был применен дифракционный анализ с использованием темнопольной методики. Фазовый анализ проведен в соответствии с диаграммами равновесия Fe-C-N, Cr-C-N и Ni-C-N и других тройных диаграмм железных сплавов [8, 9]. При анализе дифракционной картины проверена возможность существования в нитроцементованном слое порядка 30-35 табличных фаз.

Изображения тонкой структуры металла использованы для:

–классификации ее морфологических признаков;

–определения размеров, объемной доли и мест локализации вторичных фаз и выделений;

–определения скалярной с и избыточной $c_{\pm}$ плотности дислокаций;

–установления величины амплитуды кривизны-кручения ж и моментных напряжений ф.

Для каждого исследуемого слоя конкретного образца была просмотрена значительная площадь фольги и отснято от 30 до 40 микроснимков и микродифракционных картин к ним. Скалярная плотность дислокаций с

измерена методом секущей [10]. Избыточная плотность дислокаций в локальных зонах образца определена по кривизне-кручению кристаллической решетки [11-13] как

$$\rho_{\pm} = \frac{1}{b} = \frac{d\varphi}{d\ell}, \qquad (1)$$

где b – вектор Бюргерса, $\frac{d\varphi}{d\ell}$ – градиент разориентировки, т.е. изменение ориентации конкретной плоскости с перемещением по образцу, φ– угол наклона, ℓ – расстояние. Прямыми измерениями установлено, что ширина Брэгговского отражения для элементов первого периода составляет ~ 1^0 [14]. Поэтому, измеряя ширину экстинкционного контура кривизны-кручения Дℓ, можно определить $\frac{d\varphi}{d\ell}$.

Результаты исследований

В результате проведенных исследований установлено:

1. Независимо от вида термообработки образца и участка исследования матрицей стали 20Х2Н4А является б-фаза различной степени легированности (таблица 2). В частности, в исходном состоянии сталь представляет собой, в основном, феррит, имеющий ячеисто-сетчатую дислокационную субструктуру и небольшое количество карбидов (рисунок 2). При этом менее 3% составляют области пластинчатого перлита (рисунок 3), т.е. чередование параллельных прослоек б-фазы (феррита) и цементита. г-фаза в исходном состоянии не обнаружена ни методом рентгеноструктурного анализа, ни методом просвечивающей электронной микроскопии.

2. г-фаза присутствует:в виде отдельных зерен (рисунок 4); в виде прослоек остаточного аустенита по границам мартенситных кристаллов (рисунки 5, 6); в виде колоний двойникового типа внутри мартенситных и бейнитных пластин (рисунок 7, а-в); в виде глобулей (рисунок 7, г-е). Количество г-фазы при различных видах термообработки меняется в пределах от 0 до 30% (таблица 2).

3. Фаза Fe_3C присутствует во всех слоях металла образца и при всех видах термообработки (таблица 2). Частицы цементита вытянуты и располагаются как по границам зерен, так и внутри компонентов б-фазы. Крупные частицы цементита представлены на оптических изображениях (рисунок 8), мелкие – выявлены только методом ПЭМ (рисунки 9-11).

4. Карбонитрид $M_{23}(C,N)_6$ содержит в себе Fe и Cr (таблица 2). Поэтому он имеет формулу $(Fe, Cr)_{23}(C,N)_6$. Крупные частицы $M_{23}(C,N)_6$ выявлены методом оптической микроскопии (рисунок 12), имеют округлую форму и располагаются как внутри, так и по границам зерен. Мелкие частицы – просматриваются только после ПЭМ (рисунок 13).

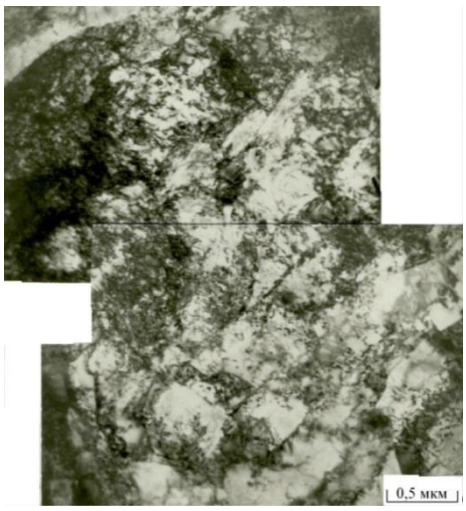


Рисунок 2 – Электронно-микроскопическое изображение тонкой структуры стали 20Х2Н4А в исходном состоянии. Участок ферритного зерна

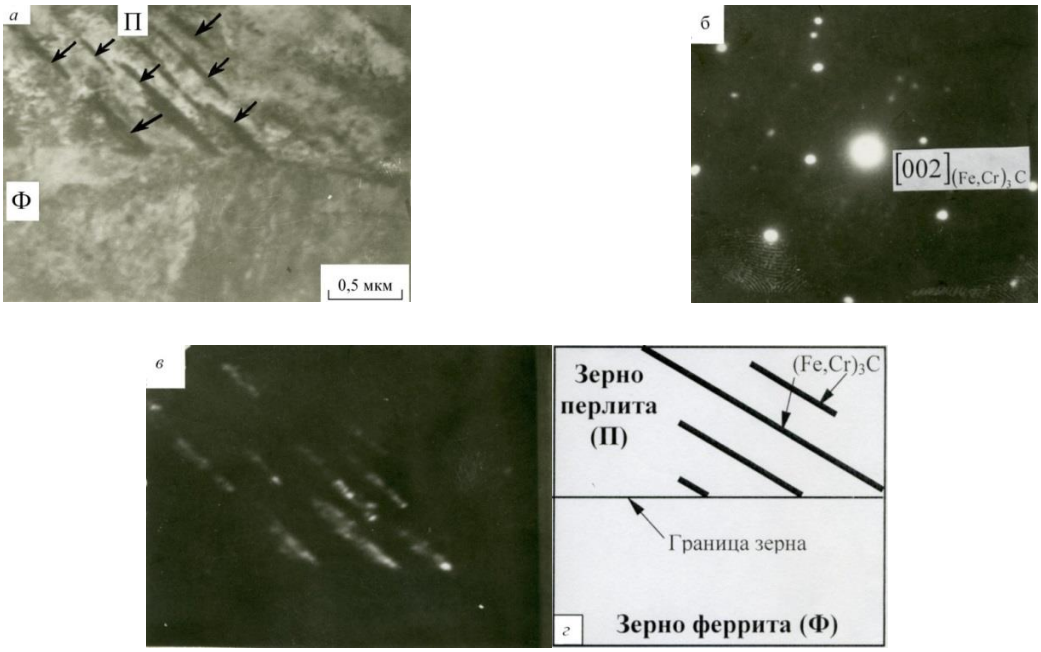


Рисунок 3 – Электронно-микроскопическое изображение участка двух типов зерен: ферритного (Ф) и перлитного (П) в исходном состоянии стали 20Х2Н4А. В перлитном зерне стрелками отмечены прослойки цементита: *а* – светопольное изображение; *б* – микродифракционная картина, полученная с перлитного зерна; *в* – темнопольное изображение, полученное в рефлексе [002] $(Fe,Cr)_3C$; *г* – схематическое изображение участка (а)

5. Карбонитрид $M_2(C,N)$, выявленный методом ПЭМ, присутствует в двух модификациях: $(Cr, Fe)_2C_{0,61}N_{0,39}$ и $(Cr, Fe)_{6,2}C_{3,5}N_{0,3}$. Параметры их кристаллических решеток приведены в таблице 2. Частицы карбонитрида с размером ~ 10 нм располагаются по всей глубине нитроцементованного слоя зуба либо на дислокациях (рисунок 14), либо на межфазных поверхностях “$M_{23}(C,N)_6$-б-фаза” (рисунок 15).

Таблица 2 – Тип, пространственная группа и параметры кристаллических решеток б- и г-фаз, карбидов и карбонитридов

Фаза	Тип решетки	Пространственная группа	Параметры кристаллической решетки, нм		
			а	*в*	*с*
б-фаза	ОЦК	Im3m	a_0=0,28664		
г-фаза	ГЦК	Fm3m	a_0=0,3573		
$(Fe,Cr)_3C$	орторомбическая	Pnma	0,508	0,6774	0,452
$M_{23}(C,N)_6$	кубическая	Fm3m	1,0585		
$M_2C_{0,61}N_{0,39}$	орторомбическая	Pbcn	0,4878	0,5604	0,444
$M_{6,2}C_{3,5}N_{0,3}$	орторомбическая	Ama2	0,6956	0,9260	0,2844

Примечание: Δc_C, Δc_N, $\Delta c_{(C+N)}$ – концентрация углерода, азота и углерода+азота, соответственно, вб- и г-фазе, ат.%

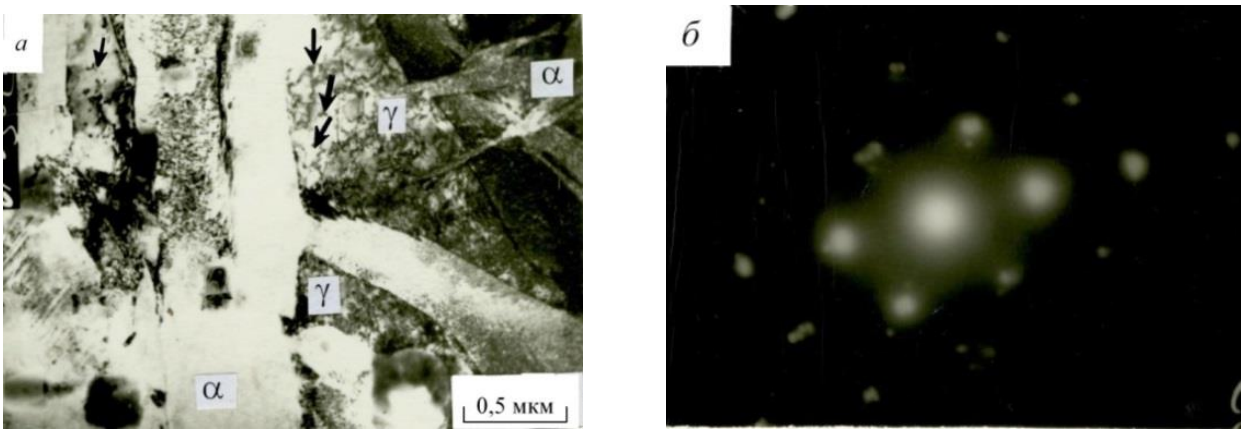


Рисунок 4 – Электронно-микроскопическое изображение тонкой структуры стали 20Х2Н4А после нитроцементации (обр. 12). Области б- и г-фазы, присутствующие на поверхности зуба шестерни. Стрелками отмечены частицы карбонитрида $M_2C_{0,61}N_{0,39}$, находящиеся на дислокациях:
а – светопольное изображение; *б* – микродифракционная картина, полученная с участка (а) и подтверждающая наличие рефлексов г-фазы и карбонитридов

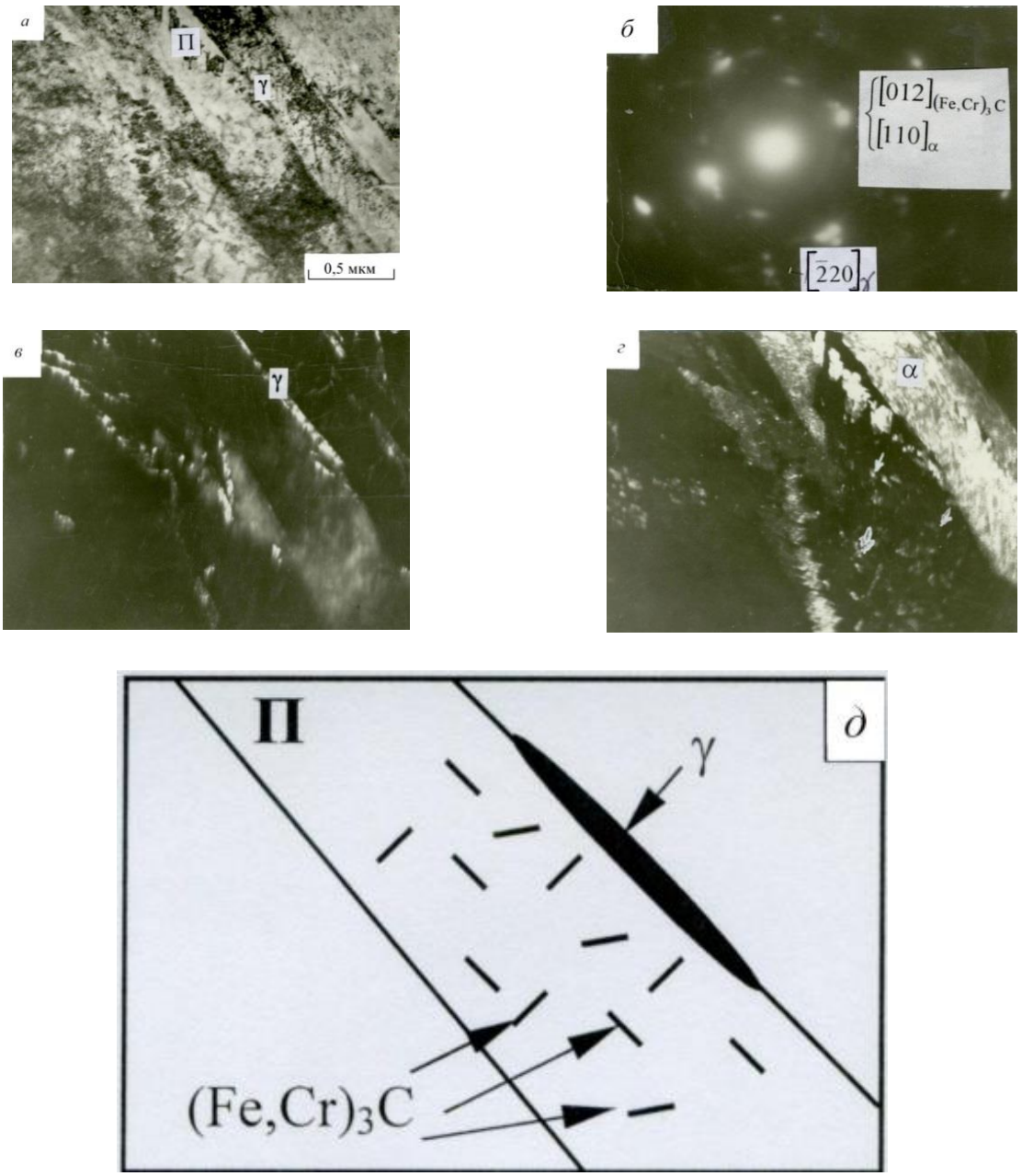


Рисунок 5 – Электронно-микроскопическое изображение тонкой структуры стали 20Х2Н4А после нитроцементации, последующего высокого отпуска (620 °С, 1 час) и закалки в масло от 820 °С (обр. 14, расстояние 2,0 мм от поверхности зуба). Пластина самоотпущенного мартенсита (П). Стрелками отмечены выделения цементита, расположенные внутри пластины. По границам пластины – прослойки остаточного аустенита (г): *а* – светопольное изображение; *б* – микродифракционная картина; *в* – темнопольное изображение, полученное в рефлексе г-фазы $[220]_г$; *г* – темнопольное изображение, полученное в совпадающих рефлексах б-матрицы и цементита$[012]_{(Fe,Cr)3C}$+ $[110]_б$; *д* – схематическое изображение участка (*а*)

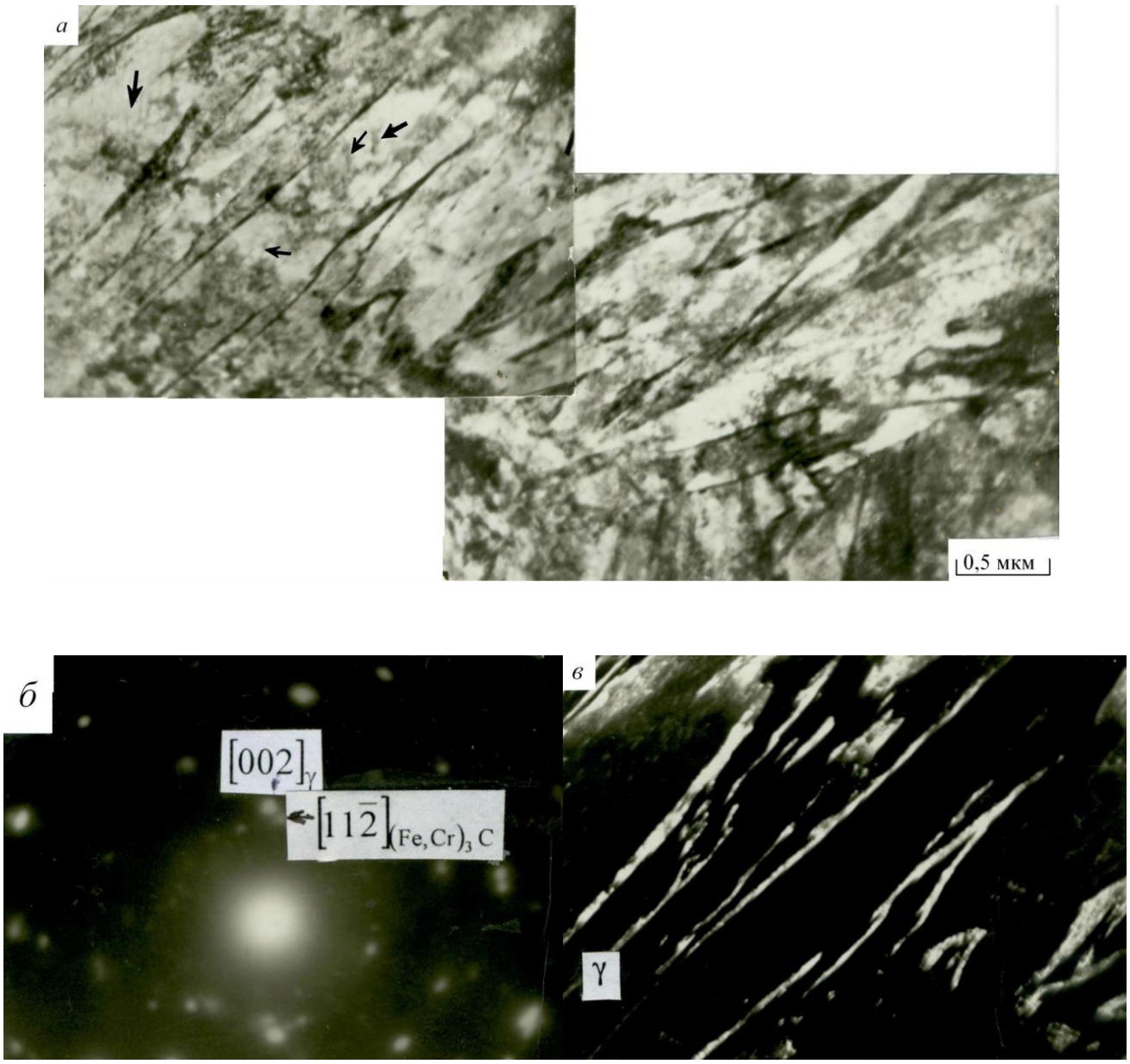


Рисунок 6 – Электронно-микроскопическое изображение тонкой структуры стали 20Х2Н4А после нитроцементации, последующего высокого отпуска (620 °С, 1 час) и закалки в масло от 820 °С (обр. 14, расстояние 2,0 мм от поверхности зуба). Реечный самоотпущенный мартенсит. По границам реек – прослойки остаточного аустенита (г), внутри реек – частицы цементита $(Fe,Cr)_3C$ (отмечены стрелками): *а*- светопольное изображение; *б*- микродифракционная картина; *в* - темнопольное изображение, полученное в совпадающих рефлексах г-фазы и цементита$[002]_г$ + $[112]_{(Fe,Cr)3C}$

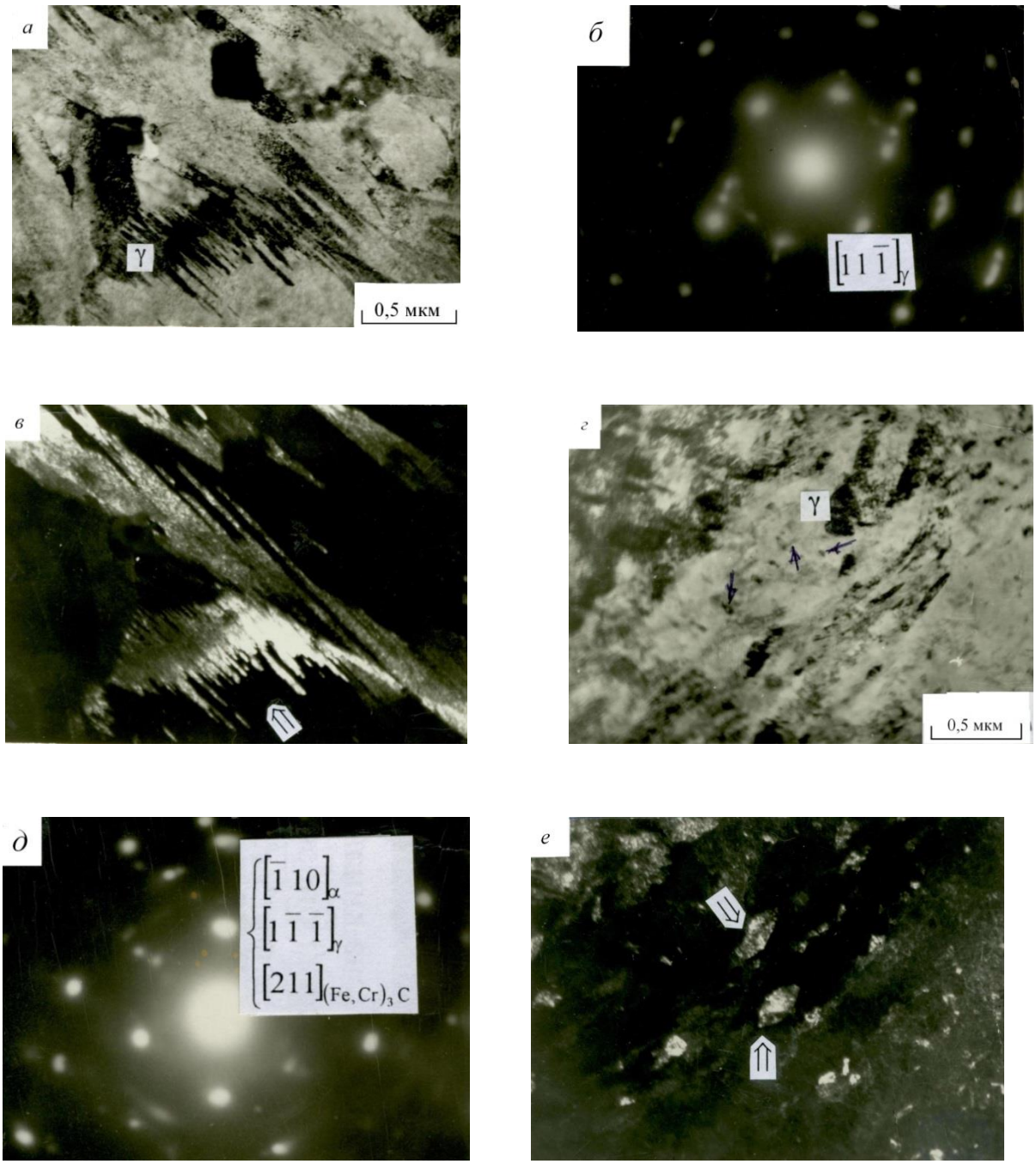


Рисунок 7 – Электронно-микроскопическое изображение тонкой структуры стали 20Х2Н4А после нитроцементации (обр. 12, поверхность зуба) (*а-в*) и после нитроцементации, последующего высокого отпуска (620 °С, 1 час) и закалки в масло от 820 °С (обр. 14, расстояние 2,0 мм от поверхности зуба) (*г-е*). Остаточный аустенит () внутри самоотпущенного мартенсита в виде колоний

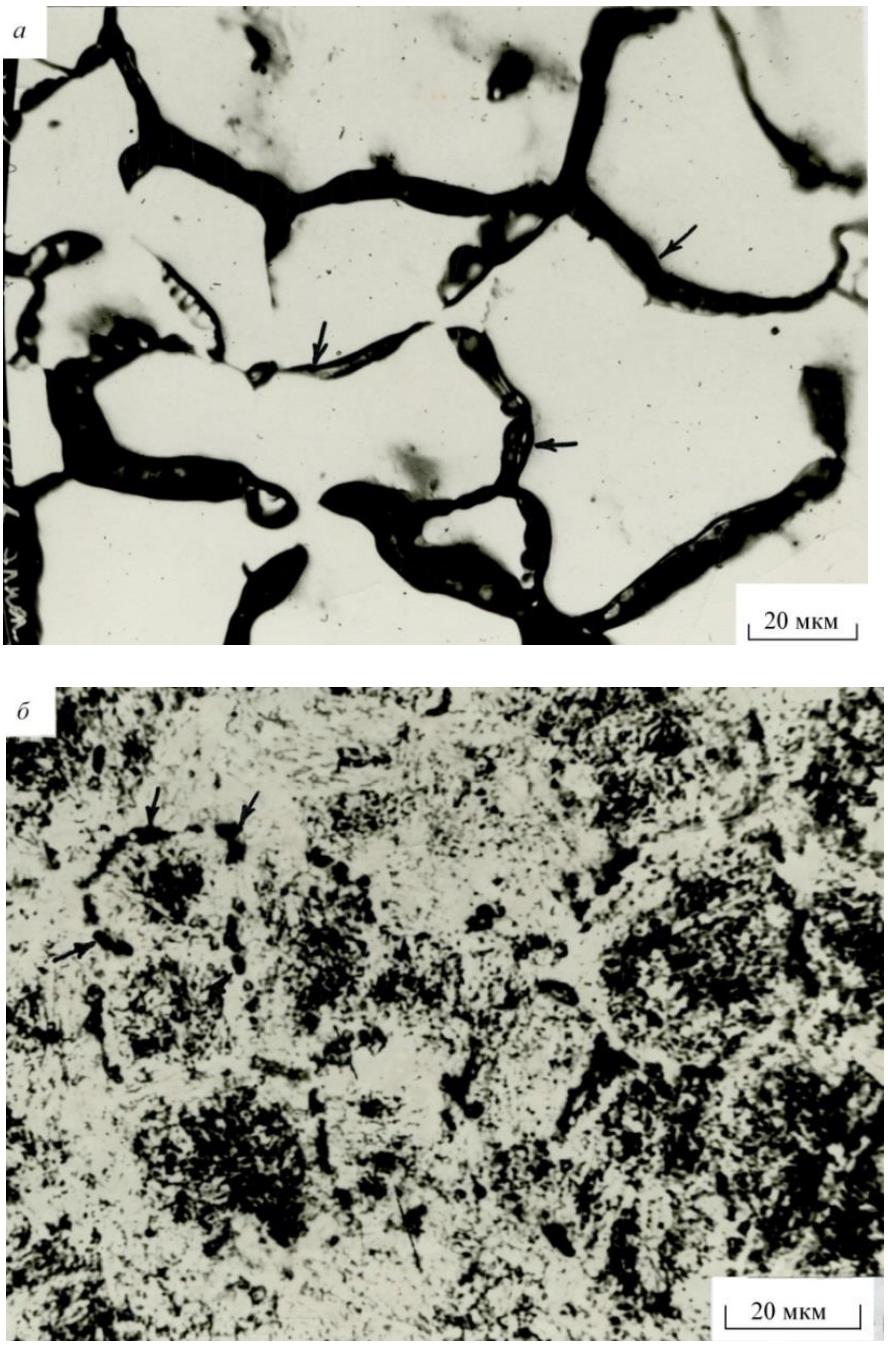


Рисунок 8 – Оптическое изображение структуры стали 20Х2Н4А после химического травления. Поверхность образца: а – обр. 12; б - обр. 13. Стрелками отмечены частицы цементита, расположенные на границах зерен

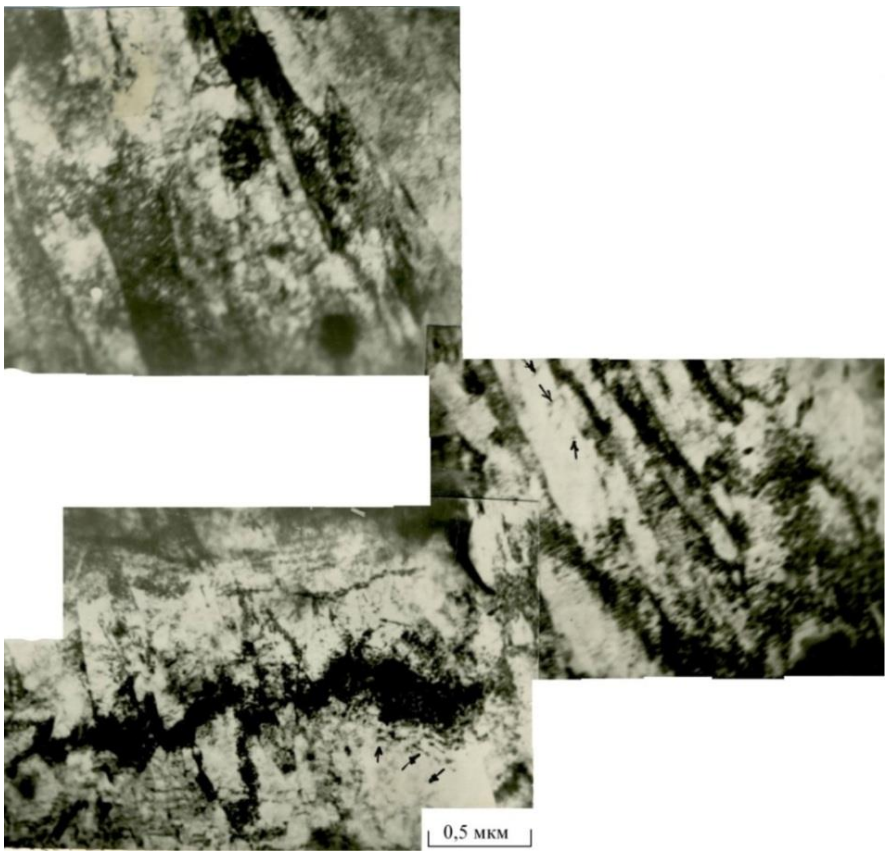


Рисунок 9 – Электронно-микроскопическое изображение тонкой структуры отпущенного реечного мартенсита в стали 20Х2Н4А после нитроцементации (обр. 12, расстояние 2,07 мм от поверхности зуба). Стрелками отмечены выделения цементита, расположенные внутри мартенситных реек

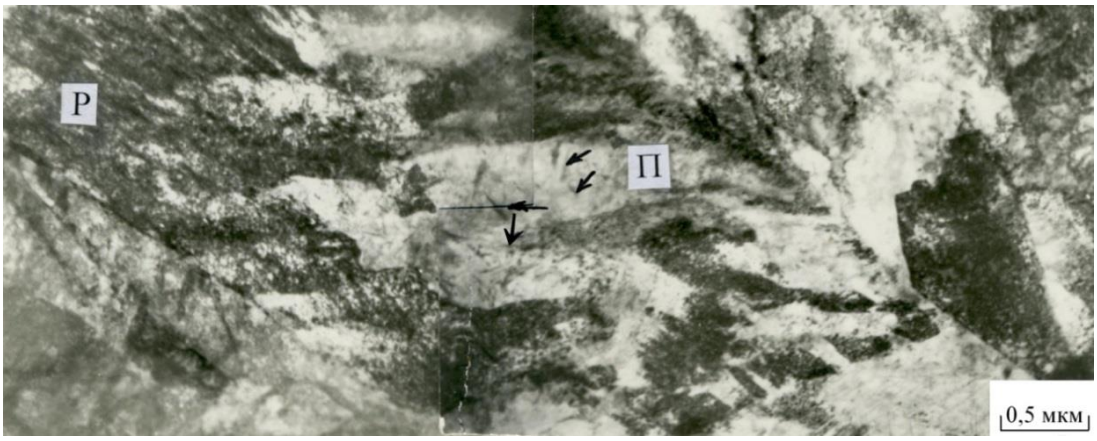


Рисунок 10 – Электронно-микроскопическое изображение тонкой структуры отпущенного низкотемпературного пластинчатого мартенсита в стали 20Х2Н4А после нитроцементации (обр. 12, расстояние 2,07 мм от поверхности зуба). Стрелками отмечены выделения цементита, расположенные внутри мартенситных пластин. Р – реечный, П – пластинчатый низкотемпературный мартенсит

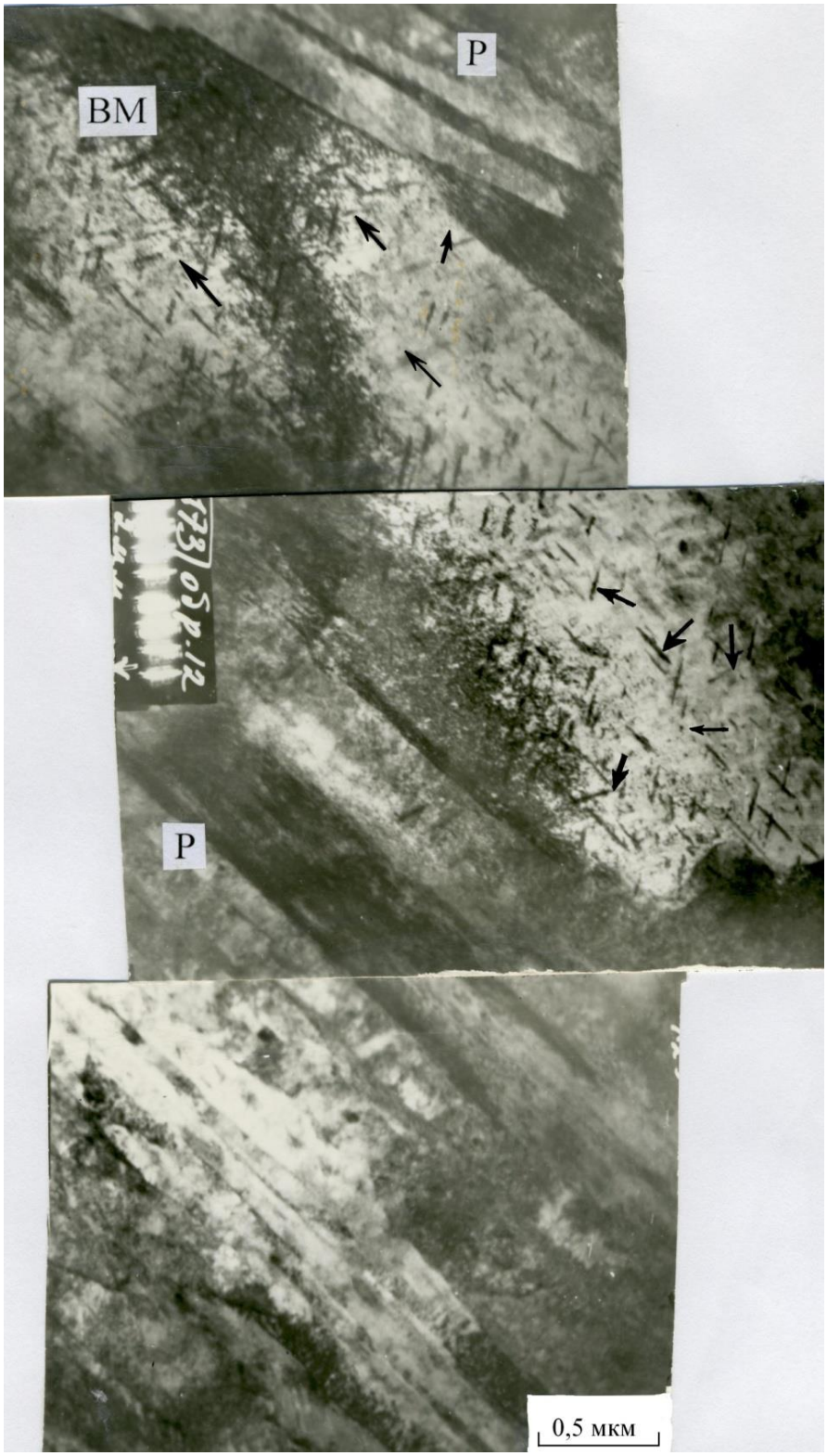


Рисунок 11 – Электронно-микроскопическое изображение тонкой структуры отпущенного пластинчатого высокотемпературного мартенсита в стали 20Х2Н4А после нитроцементации (обр. 12, расстояние 2,07 мм от поверхности зуба). Стрелками отмечены выделения цементита, расположенные внутри высокотемпературного мартенсита и ориентированные по трем направлениям: ВМ – высокотемпературный, Р – реечный мартенсит

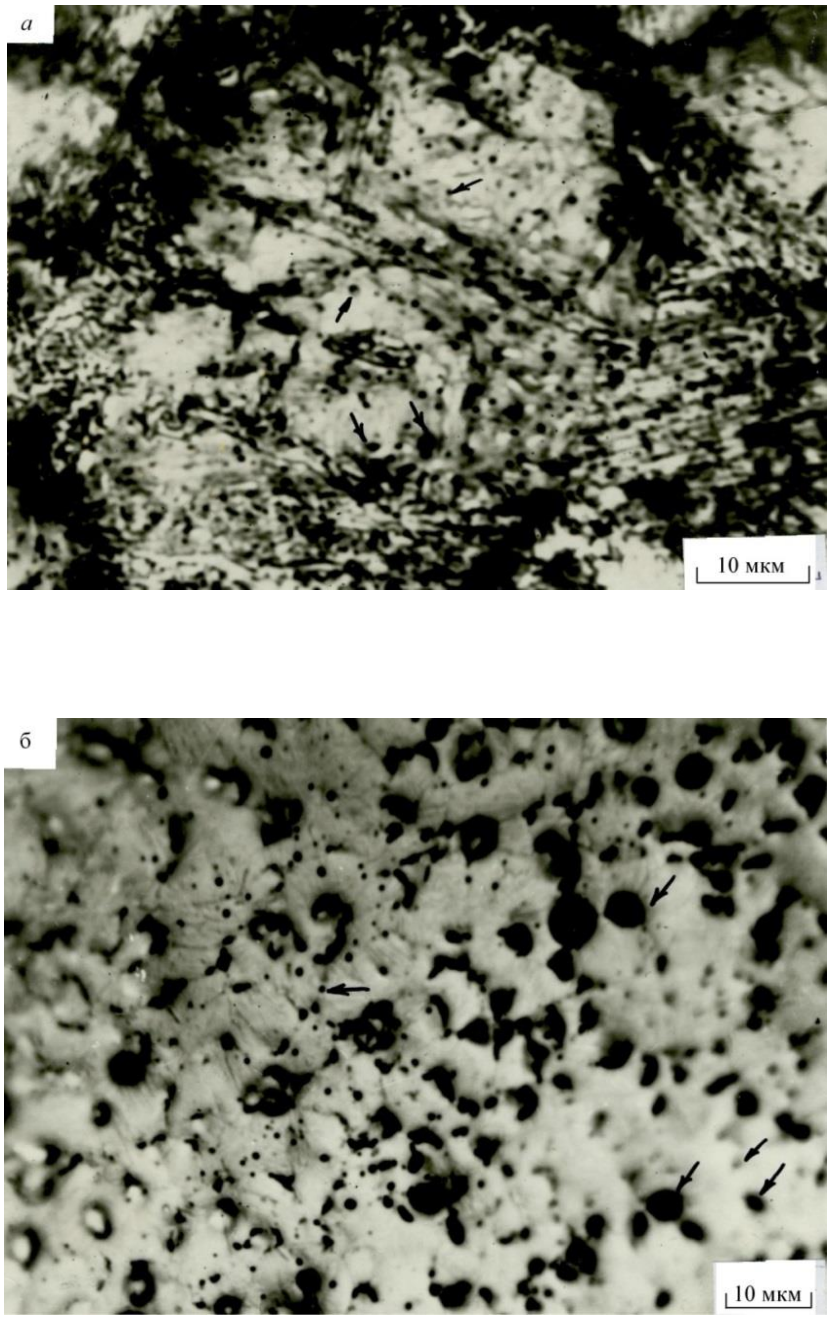


Рисунок 12 – Оптическое изображение структуры стали 20Х2Н4А после химического травления. Поверхность образца: *а* – обр. 12; *б* – обр. 14. Стрелками показаны частицы карбонитридов типаM_{23}(C,N)6 различного размера

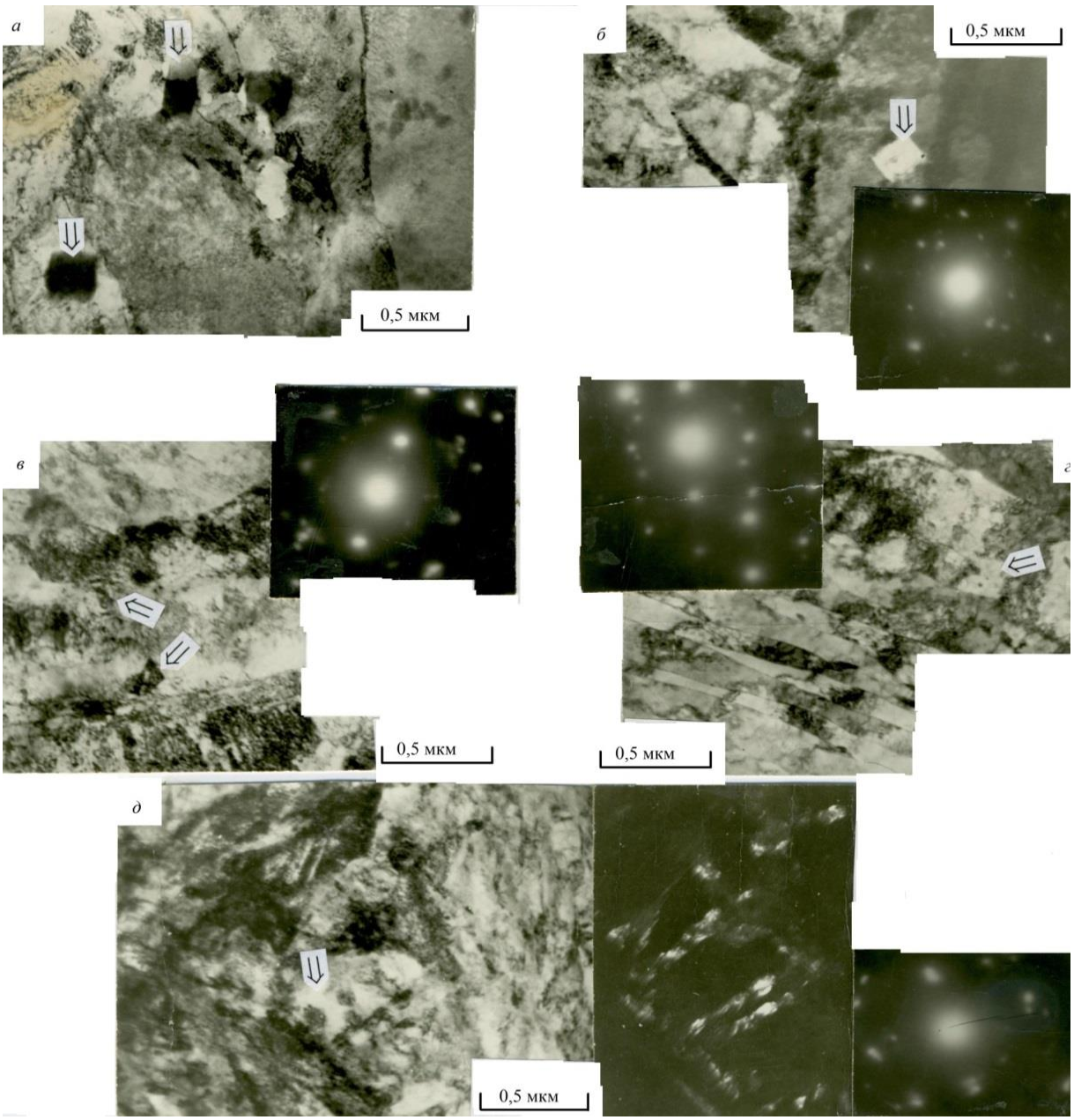


Рисунок 13 – Электронно-микроскопическое изображение тонкой структуры стали 20Х2Н4А. Частицы карбонитрида$M_{23}(C,N)_6$ (отмечены стрелками), расположенные внутри различных морфологических составляющих б-фазы и имеющие различную форму и размер: *а,б* – после нитроцементации (обр. 12, поверхность зуба); *в* – после нитроцементации (обр. 12, расстояние 2,07 мм от поверхности зуба); *г* – после нитроцементации и последующего высокого отпуска при 620 °С, 1 час (обр. 13, расстояние 2,1 мм от поверхности зуба); *д*– после нитроцементации, последующего высокого отпуска (620 °С, 1 час) и закалки в масло от 820 °С (обр. 14, расстояние 2,0 мм от поверхности зуба)

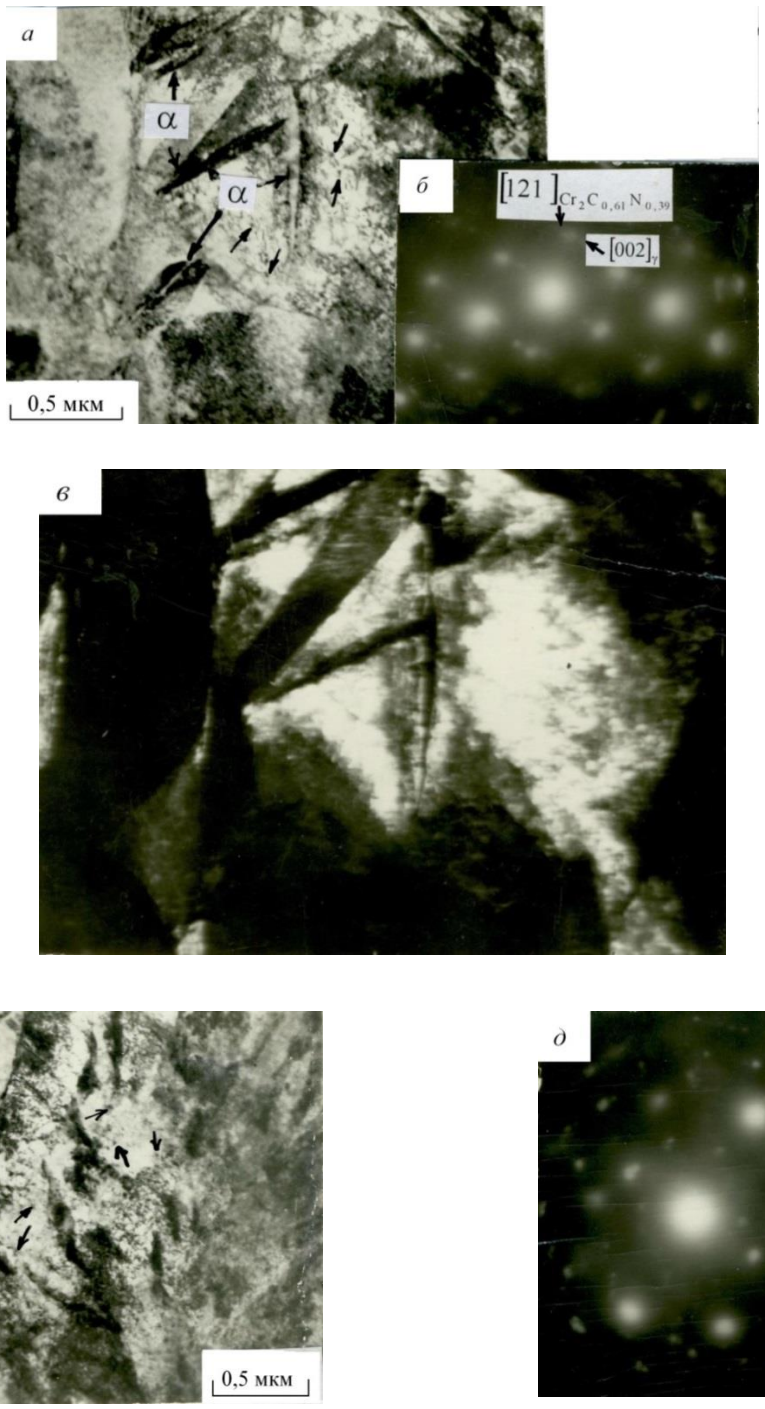


Рисунок 14 – Пример наблюдения частиц M2C0,61N0,39 (а-в) и M6,2C3,5N0,3 (г-д), находящихся на дислокациях в г- (а-в) и б-фазе (г-д). Электронно-микроскопическое изображение.

Обр. 12, поверхность зуба. Частицы отмечены стрелками.

а, г – светопольные изображения;

б, д – их микродифракционные картины, подтверждающие присутствие данных карбонитридов;

в – темнопольное изображение, полученное в совпадающих рефлексах [002]г + [112] 3C0,61N0,39

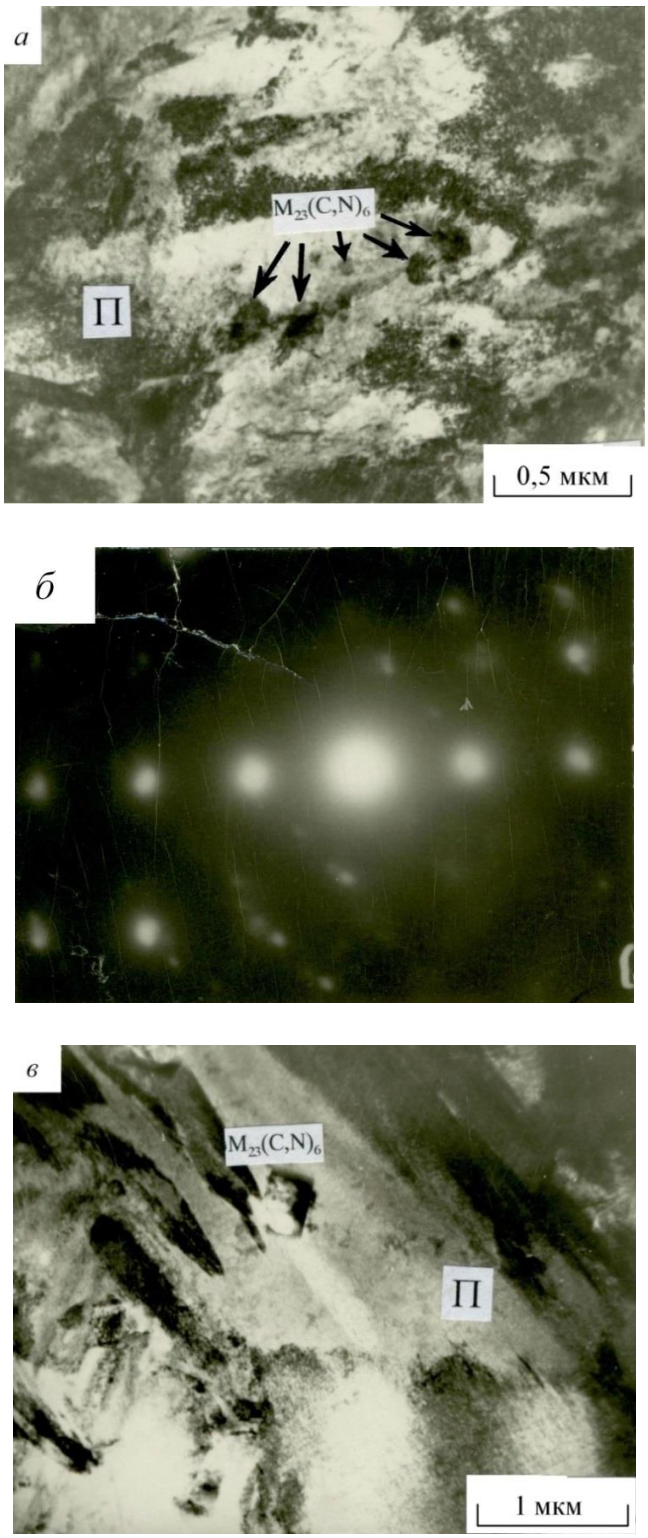


Рисунок 15 – Пример присутствия частиц $M_2C_{0,61}N_{0,39}$ (отмечены стрелками) на поверхности крупных частиц $M_{23}(C,N)_6$, находящихся внутри пластин (П) мартенсита отпуска: *а* – светопольное изображение крупных частиц $M_{23}(C,N)_6$ (обр. 15, поверхность зуба), *б* – микродифракционная картина участка (а), *в* – светопольное изображение прямоугольной частицы $M_{23}(C,N)_6$

Исследования структуры стали 20Х2Н4А до и после цементации показали, что данная сталь после любой термообработки является

многофазным материалом. Качественный фазовый состав представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Фазы, присутствующие в материале зуба стали 20Х2Н4А на различных стадиях технологического процесса

Номер образца	Поверхность зуба	~2 мм от поверхности зуба
Исх.	б- и г-фазы; $(Fe,Cr)_3C$	
Обр. 8	б-фазы; $(Fe,Cr)_3C$; $M_{23}C_6$	
Обр. 12	б- и г-фазы; $(Fe,Cr)_3C$; $(Cr, Fe)_{23}(C,N)_6$; $(Cr, Fe)_2C_{0,61}N_{0,39}$; $(Cr, Fe)_{6,2}C_{3,5}N_{0,3}$	б- и г-фазы; $(Fe,Cr)_3C$; $(Cr, Fe)_{23}(C,N)_6$; $(Cr, Fe)_2C_{0,61}N_{0,39}$
Обр. 13	б-фазы; $(Fe,Cr)_3C$;(Fe,Cr)23$(C,N)_6$; $(Cr, Fe)_2C_{0,61}N_{0,39}$	б- и г-фазы; $(Fe,Cr)_3C$; $(Cr, Fe)_{23}(C,N)_6$; $(Cr, Fe)_2C_{0,61}N_{0,39}$
Обр. 14	б- и г-фазы; $(Fe,Cr)_3C$; $(Cr, Fe)_{23}(C,N)_6$; $(Cr, Fe)_2C_{0,61}N_{0,39}$	
Обр. 15	б- и г-фазы; $(Fe,Cr)_3C$; $(Cr, Fe)_{23}(C,N)_6$; $(Cr, Fe)_2C_{0,61}N_{0,39}$	

Основную долю материала зуба шестерни составляет б-фаза. В зависимости от термообработки образца ее объемная доля несколько изменяется, меняется и соотношение других фаз. Количественное соотношение фаз на поверхности зуба и на глубине ~2 мм различно. В частности, на поверхности зуба шестерни объемная доля карбидов и карбонитридов максимальна. Из табл. 2 следует, что во всех образцах присутствуют б- и г-фазы и легированный цементит. После нитроцементации появляются карбонитриды на основе хрома.

Выводы

В результате исследования строения нитроцементованного слоя металла зуба шестерни изучены:

1. Фазовый состав при различных видах термообработки.
2. Зеренная и дислокационная структуры металла зуба шестерни.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Апасов А.М., Галевский Г.В. Методы исследования, испытания, анализа и контроля в металлургии и материаловединии: Учебное пособие. − Томск: Изд-во ТПУ, 2008. − 488 с. (Гриф УМО Минобрнауки РФ).

2. Козлов Э.В. Фазовый состав и градиентная структура нитроцементованной стали 20Х2Н4ФА после низкого отпуска / Э.В. Козлов,

Н.А. Попова, В.А. Малиновская, А.М. Апасов // Изв. вуз. Черная металлургия. – 2005. – №8 – С. 26-29.

3. Козлов Э.В., Малиновская В.А., Попова Н.А., Подковка В.П., Апасов А.М. Материаловедческие аспекты градиентных структурно-фазовых состояний нитроцементованной стали // Известия высщих учебных заведений. Черная металлургия. 2006. − № 2. − С. 33-36.

4. Апасов А.М. Разрушение нитроцементованной стали/ А.М. Апасов, А.А. Апасов, Э.В. Козлов // Известия Томского политехнического университета.– 2013. – Т.323. – №2. – С.72-76.

5. Миркин Л.И. Справочник по рентгеноструктурному анализу поликристаллов. – М.: Физматгиз, 1961. – 863 с.

6. Горелик С.С., Расторгуев Л.Н., Скаков Ю.А. Рентгенографический и электронооптический анализ. – М.: Металлургия, 1970. – 366 с.

7. Русаков А.А. Рентгенография металлов. – М.: Атомиздат, 1977. – 480 с.

8. Лахтин Ю.М., Коган Я.Д. Азотирование стали. – М.: Машиностроение, 1976. – 256 с.

9. Диаграммы состояния двойных и многокомпонентных систем на основе железа: Справочное изд./Банных О.А., Будберг П.Б., Алисова С.П. и др. – М.: Металлургия, 1986. – 440 с.

10. Хирш П., Хови А., Николсон Р., Пэшли Д., Уэлан М. Электронная микроскопия тонких кристаллов. – М.: Мир, 1968. – 574 с.

11. Конева Н.А., Лычагин Д.В., Теплякова Л.А., Козлов Э.В. Развороты кристаллической решетки и стадии пластической деформации. Экспериментальное исследование и теоретическое описание дисклинаций. – Л.: ФТИ, 1984. – С. 161-164.

12. Конева Н.А., Лычагин Д.В., Жуковский С.П. и др. Эволюция дислокационной структуры и стадии пластического течения поликристаллического железоникелевого сплава//ФММ. – 1985. – Т. 60,№ 1. – С. 171- 179.

13. Конева Н.А., Козлов Э.В. Природа субструктурного упрочнения//Изв. ВУЗов. Физика. – 1982.№ 8. – С. 3-14.

14. Конева Н.А., Лычагин Д.В., Теплякова Л.А. и др. Полосовая субструктура в ГЦК-однофазных сплавах//Дислокационная и ротационная деформация твердого тела. – Л.: ФТИ, 1988. – С. 103-113.

УДК 621.785.533:620.129.46

А. М. Апасов[1], Э. В. Козлов[2], С. Н. Федосеев[1]

К ВОПРОСУ О КАЧЕСТВЕ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ КОНСТРУКЦИОННОЙ ЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ. Ч. 2. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ[1]

[1]Юргинский технологический институт (филиал) ФГОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Юрга
[2] Томский государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск

Обсуждение результатов

Нарезка зубьев шестерни (образец № 8) привела к тому, что морфология б-фазы по мере удаления от поверхности зуба шестерни на расстояние, равное 1,2 мм, меняется. Исследования, проведенные методом ПЭМ на расстоянии 1,4 мм от поверхности зуба, показали, что б-фаза является ферритом с ячеисто-сетчатой субструктурой (рисунок 16), внутри зерен которого присутствуют частицы легированного цементита $(Fe, Cr)_3C$ (указаны стрелками на рисунок 16), не связанные с дислокациями. Кроме того в феррите присутствуют карбиды типа $M_{23}C_6$ округлой формы (рисунок 17). Структурные составляющие б-фазы – феррит (рисунок 18) и отпущенный реечный (пакетный) мартенсит (рисунок 19) – сконцентрированы на поверхности зуба.

Нитроцементация зубьев шестерни (образец 12) привела к значительным изменениям в структуре стали. На поверхности зуба выявлена структура матрицы, т.е. области б-фазы со структурой отпущенного мартенсита и верхнего бейнита и г-фазы (рисунки 4, 20).

На расстоянии 2,07 мм от поверхности зуба зерна г-фазы (образец 12) в структуре стали полностью отсутствуют. Однако она прослеживается только в виде прослоек остаточного аустенита по границам мартенситных кристаллов и внутри мартенситных и бейнитных пластин. Матрица стали представлена исключительно б-фазой – отпущенный мартенсит и верхний бейнит. Причем отпущенный мартенсит, находящийся на поверхности зуба, пребывает не в двух, а уже в трех морфологических модификациях: отпущенный реечный (рисунок 9), пластинчатый низкотемпературный (рисунок 10) и пластинчатый высокотемпературный (рисунок 11) мартенсит. Из рисунков видно, что внутри кристаллов высокотемпературного мартенсита находятся выделения цементита игольчатой формы. Скопление дислокаций в кристаллах отпущенного высокотемпературного мартенсита имеет, в основном, сетчатую структуру. На дислокациях присутствуют фрагменты карбонитридов типа$M_2(C,N)$ и $M_{23}(C,N)_6$.

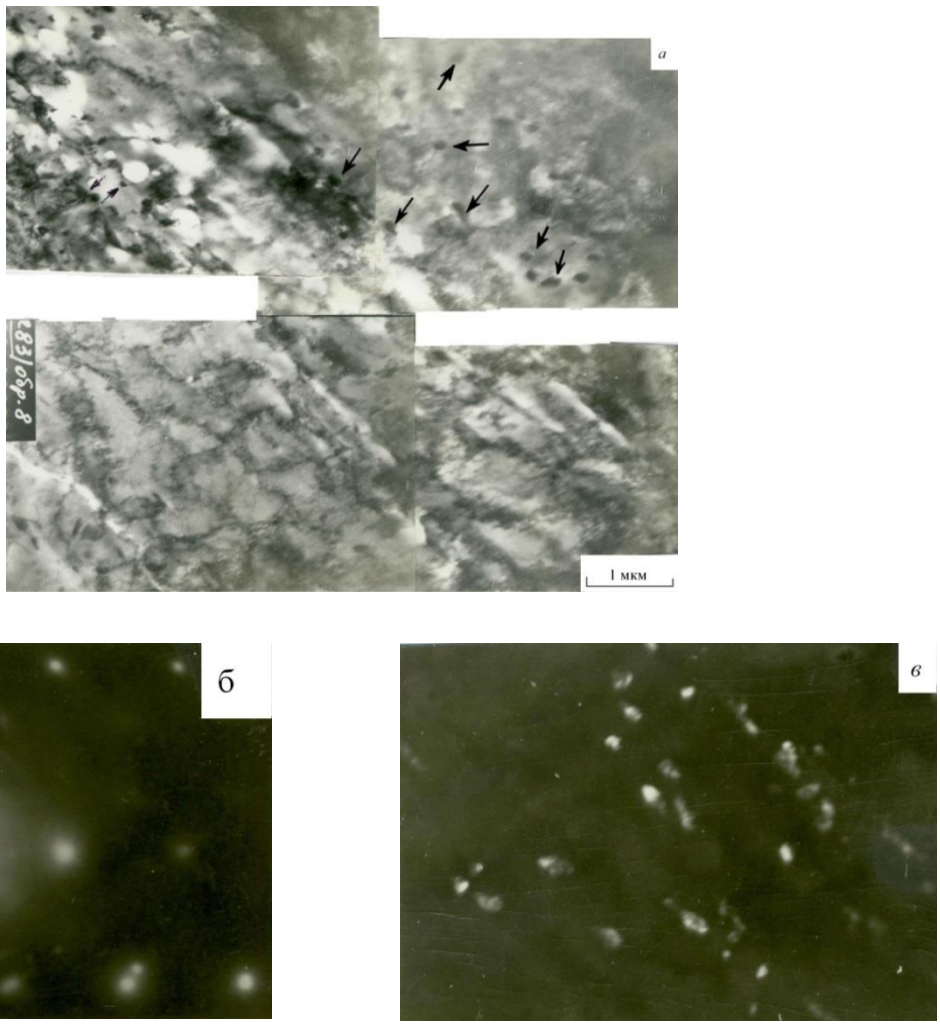


Рисунок 16 – Электронно-микроскопическое изображение тонкой структуры образца стали 20Х2Н4А после нарезки зубьев (обр. 8) на расстоянии 1,4 мм от поверхности зуба. Ферритно-карбидная смесь. Стрелками отмечены частицы цементита $(Fe, Cr)_3C$: *а* – светопольное изображение; *б* – микродифракционная картина; *в* – темнопольное изображение, полученное в рефлексе цементита [111]

Изменения в морфологии б-фазы на различных стадиях технологического процесса можно представить в виде таблицы 3, из которой следует, что при нитроцементации и термообработке на поверхности и внутри зуба формируются структуры в результате сдвиговых превращений. На поверхности преобладает мартенсит и незначительное количество бейнита, который полностью исчезает после закалки. Внутри металла зуба присутствует смесь мартенсита и бейнита.

Таким образом, исследуемая сталь 20Х2Н4А после нитроцементации и последующих термообработок представляет собой сложную многофазную систему. Анализ структуры такой стали возможен только при детальном сопоставлении оптических и электронно-микроскопических изображений. Многофазное состояние системы и наличие дефектов на уровне кристаллической решетки (границы и стыки зерен, отдельные дислокации и

дислокационные структуры, межфазные границы) в комплексе приводит к формированию сложного внутреннего поля напряжений в нитроцементованной стали.

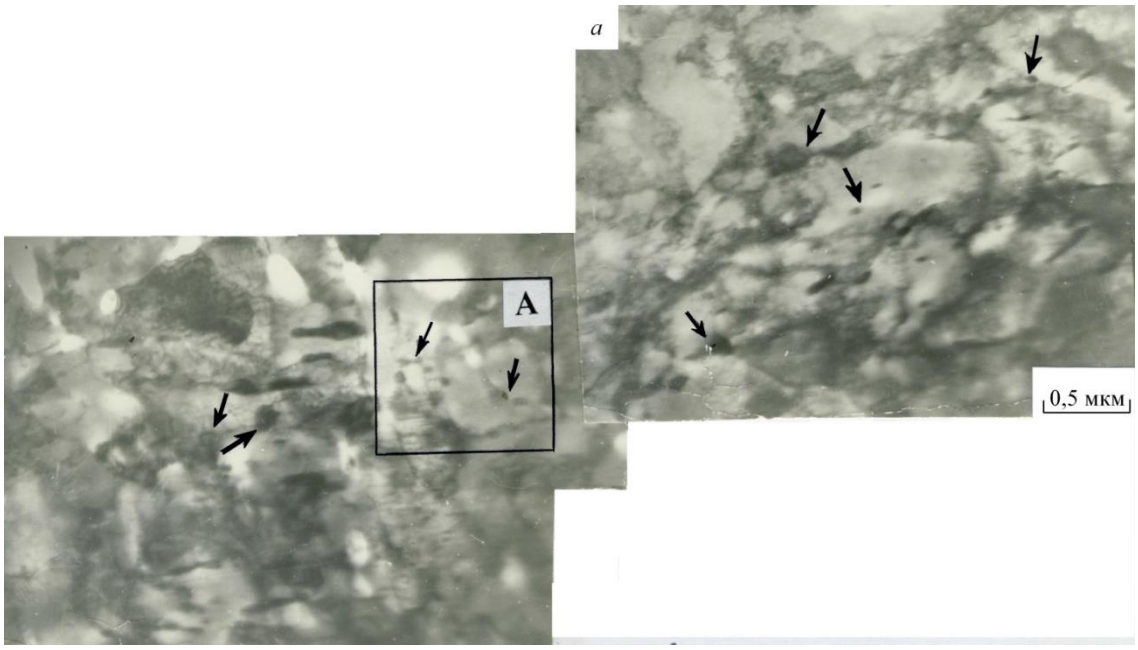


Рисунок 17 – Электронно-микроскопическое изображение тонкой структуры образца стали 20Х2Н4А после нарезки зубьев (обр. 8) на расстоянии 1,4 мм от поверхности зуба. Ферритно-карбидная смесь. Стрелками отмечены частицы карбида$M_{23}C_6$: *а* – светопольное изображение

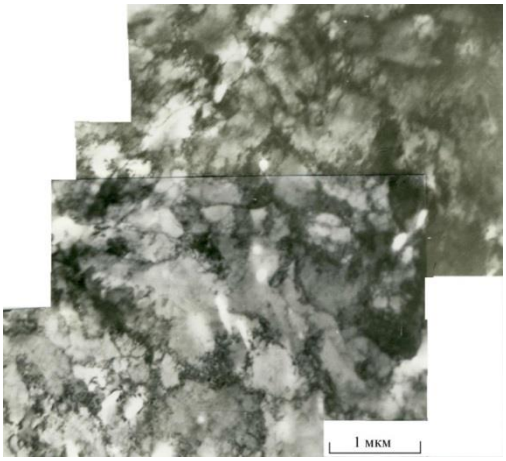


Рисунок 18 – Электронно-микроскопическое изображение тонкой структуры образца стали 20Х2Н4А после нарезки зубьев (обр. 8),полученное с поверхности зуба шестерни. Феррит.
Дислокационная структура – ячеисто-сетчатая

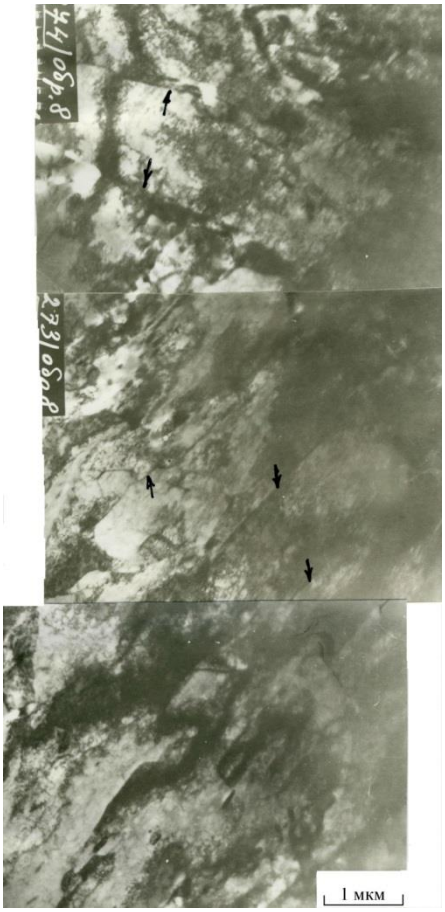
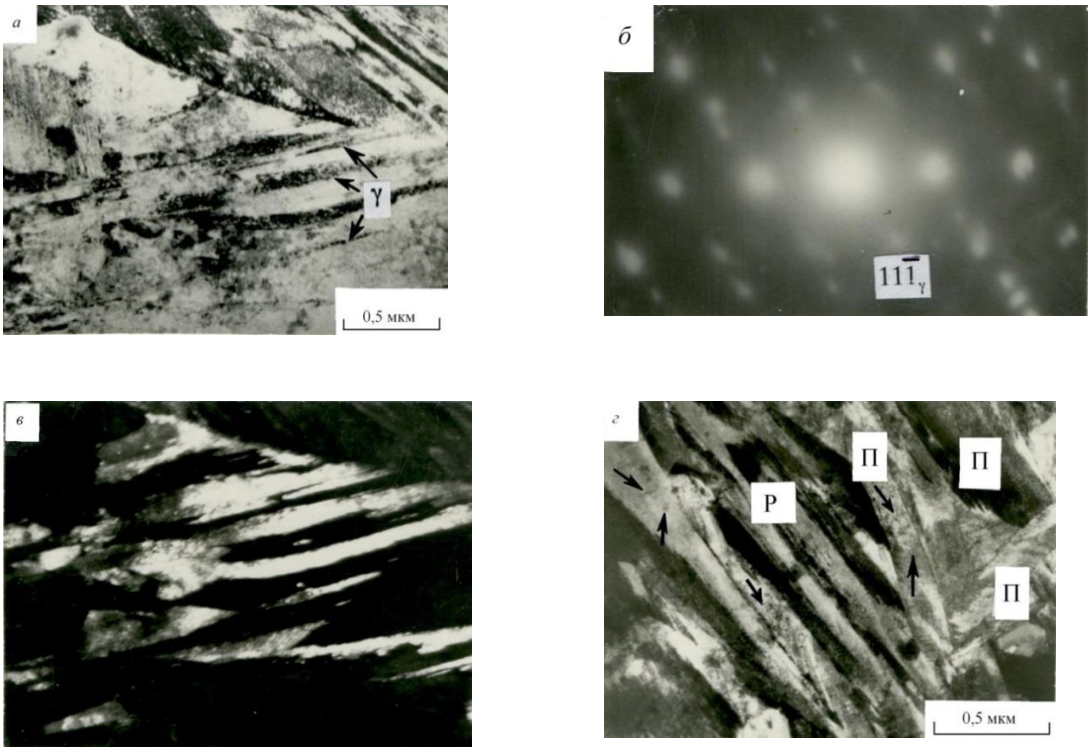


Рисунок 19 – Электронно-микроскопическое изображение тонкой структуры образца стали 20Х2Н4А после нарезки зубьев (обр. 8), полученное с поверхности зуба шестерни. Участок отпущенного пакетного (реечного) мартенсита. Стрелками отмечены границы реек



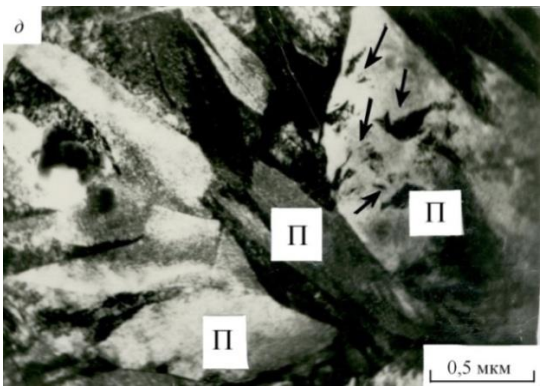


Рисунок 20 – Электронно-микроскопическое изображение тонкой структуры стали 20Х2Н4А после нитроцементации (обр. 12, поверхность зуба): *а,г,д* – светопольные изображения тонкой структуры отпущенного мартенсита (Р – реечный, П – пластинчатый мартенсит, г – прослойки остаточного аустенита, стрелками отмечены частицы цементита внутри структурных составляющих мартенсита); *б* – микродифракционная картина, полученная с участка (а); *в* – темнопольные изображения, полученные в рефлексах г-фазы $[111]_г$

Процессы взаимодействия между дефектами структуры, компонентами различных фаз частично снижают уровень внутренних напряжений, но при этом происходит упрочнение металла, приводящее как к локализованному повышению прочности, так и к охрупчиванию. Многочисленные схемы взаимодействия дефектов и карбидных фаз, системно представленных на рисунках (21-24), допускают различные варианты упрочнения и охрупчивания в локальных областях исследуемой стали.

Заключительные термические обработки шестерни (закалка и последующий низкий отпуск) измельчают ферритное зерно в исследуемой стали. Размер и ориентация зерен чрезвычайно важны как для проблемы образования микротрещин, так и для напряжений, контролирующих прочность металла. В анализируемом случае впереди зоны разрушения, протяженностью в несколько микрон, сформирована значительная упругопластическая зона с повышенной плотностью дислокаций. При этом в головной части трещины наблюдается проскальзывание дислокаций. Часть из них проникает в трещину, которая прорастает вперед. В поликристаллическом образце трещина пересекает границы зерен. Поэтому важным информативным параметром металла является плотность границ или размер зерна.

В поверхностном слое размер зерен всегда меньше (рисунок 25) и с каждой технологической операцией, которой подвергается шестерня, он уменьшается, стремясь к 10 мкм. Каждая термическая обработка приводит к измельчению зерен. На глубине ~ 2 мм исходный размер зерна в 2 раза больше. Термическая обработка измельчает и в этом случае зерно, причем в результате закалки размер зерна уменьшается более, чем в 6 раз.

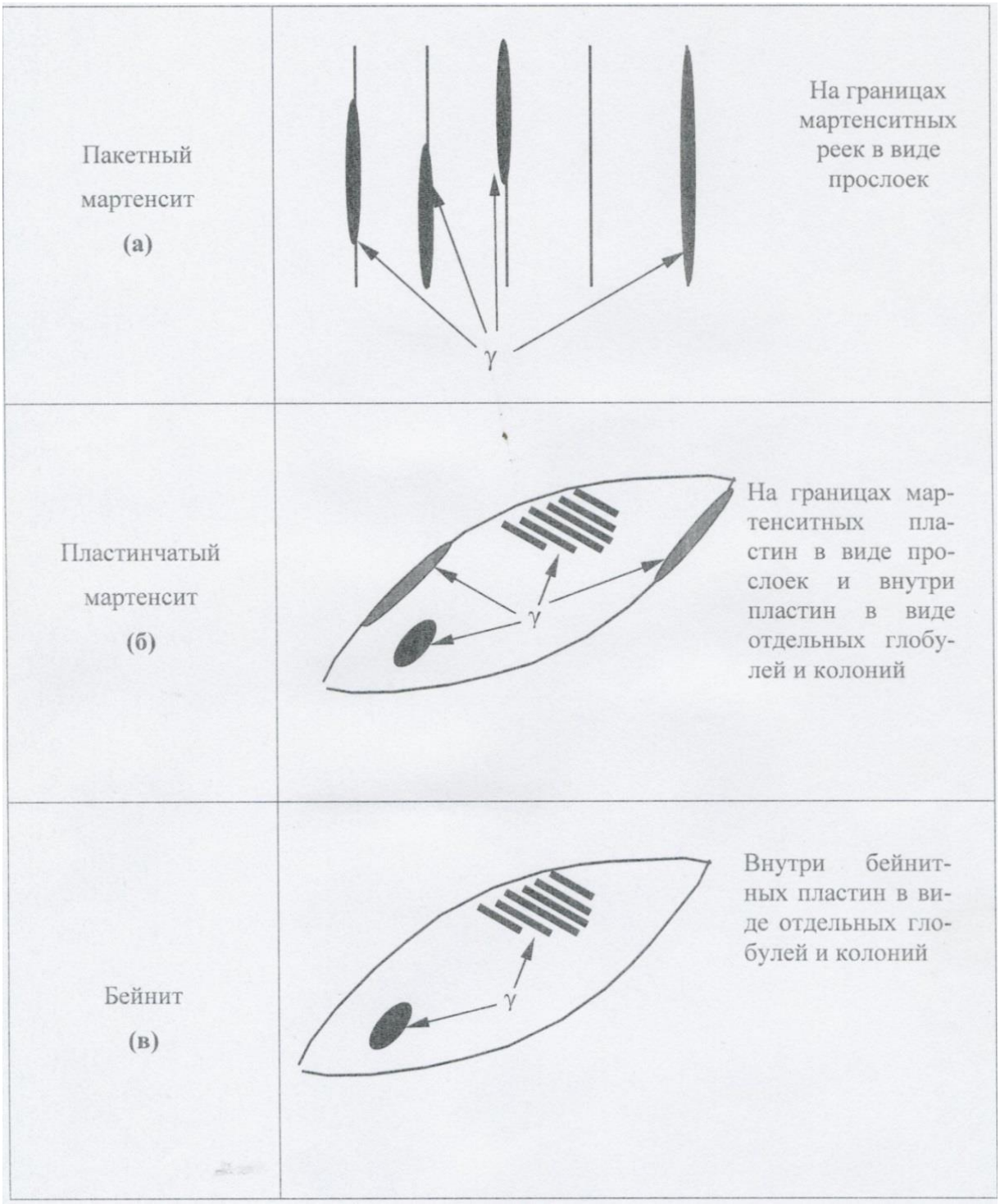


Рисунок 21 – Схематическое изображение мест локализации остаточного аустенита (г-фазы) в б-фазе: а – в отпущенном пакете мартенсита; б – в отпущенном пластинчатом мартенсите; в – в бейните

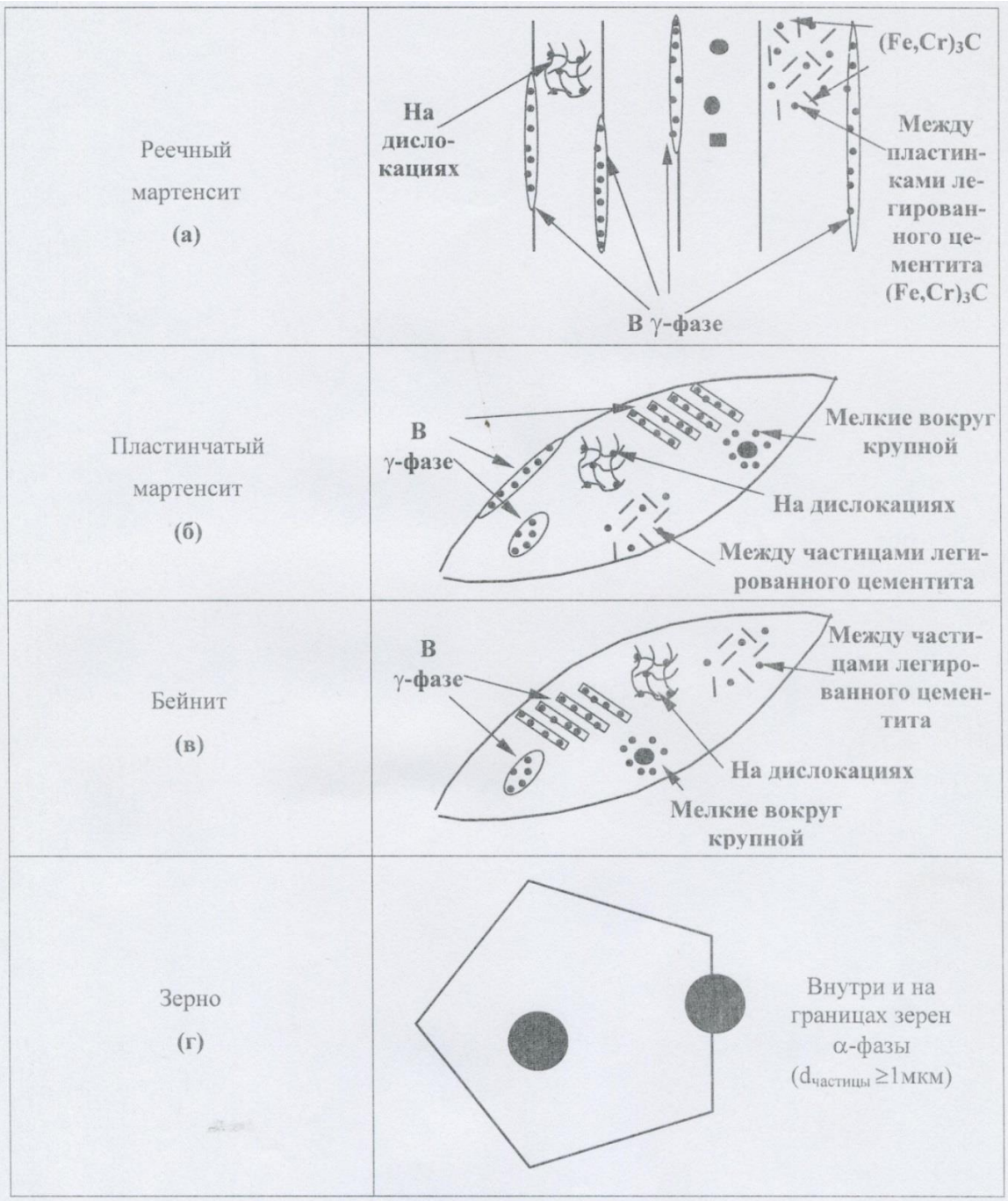


Рисунок 22 – Схематическое изображение мест локализации частиц $(Cr,Fe)_{23}C_6$ и$(Cr,Fe)_{23}(C,N)_6$ в кристаллах б-фазы: а – в отпущенном реечном мартенсите; б – в отпущенном пластинчатом мартенсите; в – в бейните; г – в зерне.

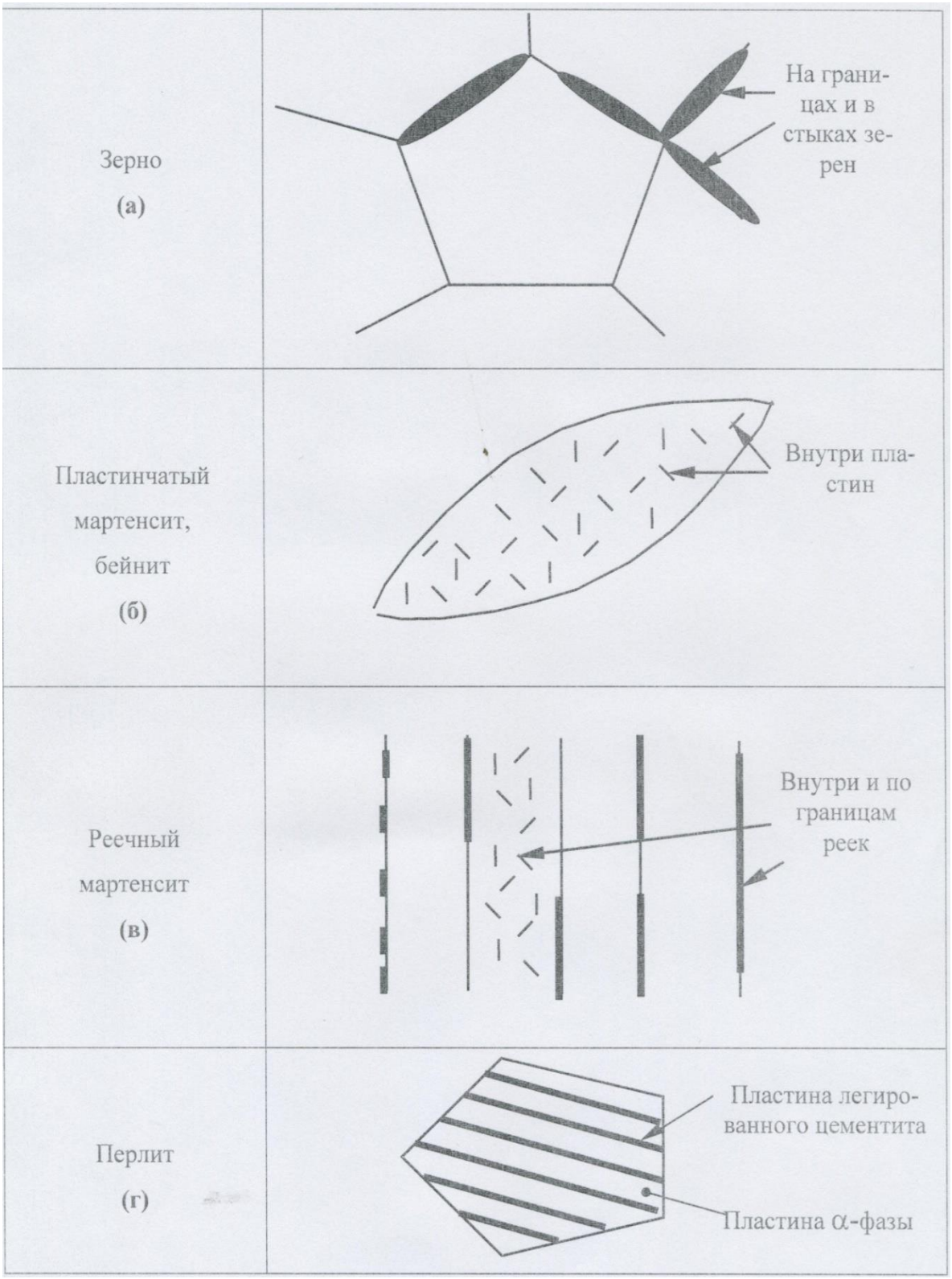


Рисунок 23 – Схематическое изображение мест расположения частиц легированного цементита $(Fe, Cr)_3C$ в кристаллах б-фазы: а – в зерне; б – в пластине отпущенного мартенсита и бейнита; в – в отпущенном реечном мартенсите; г – в перлите

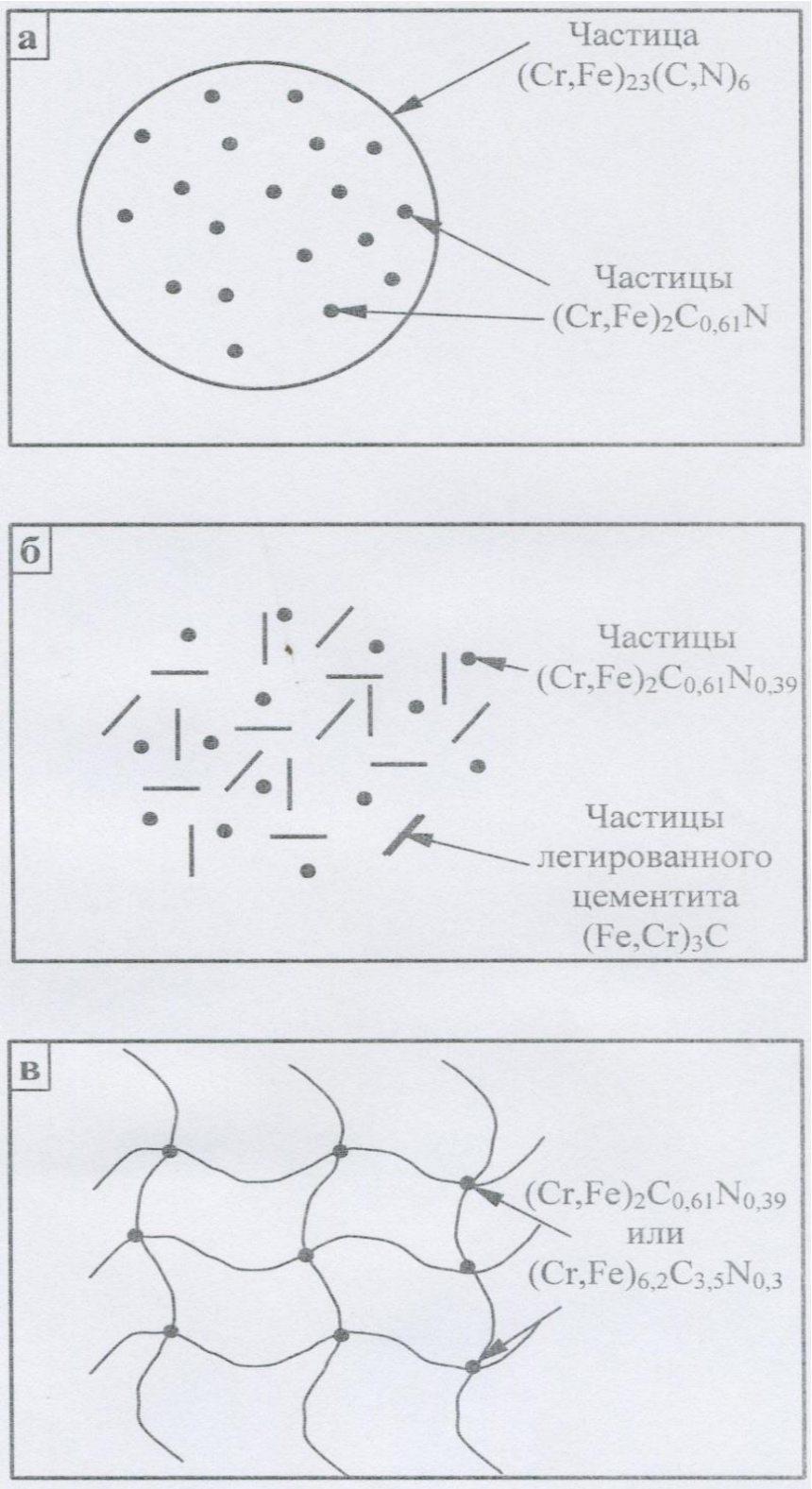


Рисунок 24 – Схематическое изображение мест локализации частиц специальных карбонитридов типа $M_2(C,N)$–$(Cr,Fe)_2C_{0,61}N_{0,39}$ и $(Cr,Fe)_{6,2}C_{3,5}N_{0,3}$: а – на крупных частицах $(Cr,Fe)_{23}(C,N)_6$; б – между частицами цементита; в – на дислокациях

Измельчение размера зерна увеличивает трещиностойкость металла [15], однако это не решает всей проблемы.

Исследуемая сталь 20Х2Н4А во всех структурных состояниях, кроме исходного, содержит в себе трещины. Их количество меняется в зависимости от термообработки и расстояния от поверхности зуба шестерни. Эти трещины подразделяются на три типа: 1-трещины скола; 2.-трещины квазискола и 3.-трещины вязкого разрушения. Схема картины берегов трещины приведена на рисунке 26. Характерные примеры подобного типа трещин на глубине ~ 2 мм от поверхности зуба шестерни приведены на рисунке 27.

Раскрытие трещины в металле зуба осуществляется разрывом (рисунок 28 а), продольным сдвигом (рисунок 28 б) и поперечным сдвигом (рисунок 28 в). Чаще всего наблюдается разрыв (рисунок 28 а), т.е. нормальное смещение краев трещины по отношению к плоскости разрушения. Реже встречается поперечный сдвиг (рисунок 28 в). Примеры наблюдаемых смещений берегов трещин приведены на рисунке 27 а (возле С). Установлено, что чаще всего встречаются трещины квазискола и вязкого разрушения.

Структура трещин в исследуемой стали 20Х2Н4А (рисунок 4 б, [4]) принципиально отличается от классической схемы структуры металла с трещиной (рисунок 4 а, [4]), которая создает впереди себя небольшую пластическую зону с определенной плотностью дислокаций. Эта зона окружена упруго напряженным *недеформированным* металлом. Вдали от трещины напряжения в металле отсутствуют.

Согласно схеме (рисунок 4 б, [4]) весь металл предварительно *деформирован* и содержит высокую плотность дислокаций. В устье трещины формируется особая зона с высоким уровнем упругих полей напряжений и повышенной скалярной плотностью дислокаций. В этой зоне упругая деформация металла **значительно превосходит** пластическую. У остального металла оба деформационных вклада *соизмеримы*. В частности, в исследуемой стали 20Х2Н4А длина трещины изменяется в пределах от 1,0 до 4,0 мкм, а длина зоны впереди нее – 0,5…7,0 мкм. При этом плотность дислокаций в упруго напряженной зоне может превосходить среднюю плотность дислокаций в 1,5…2 раза.

Параметры трещины и упруго деформированной зоны впереди нее представлены в зависимости от термообработки на рисунках 29 и 30. Установлено, что после зарождения первых микротрещин, возникающих при нарезке зубьев, их параметры возрастают после каждой последующей термообработки. Можно констатировать, что охрупчивание металла, начатое после нарезки зубьев шестерни на зубообрабатывающем оборудовании, развивается после каждой последующей термообработки.

Измерение внутренних полей напряжений проводили методами рентгеноструктурного анализа и просвечивающей электронной микроскопии. Средний фон внутренних напряжений представлен на рисунке 31. Из рисунка следует, что в результате поэтапного осуществления процессов термообработки

напряжения нарастают, не превышая 1000 МПа. Эта величина является *критической* и свидетельствует о начале процесса разрушения, т.к. предел прочности исследуемой стали примерно равен 1000 МПа. Поскольку существует неоднородность внутренних полей напряжений по всему объему металла шестерни, то именно *пиковые* (максимальные) напряжения будут служить реальными источниками зарождения микротрещин.

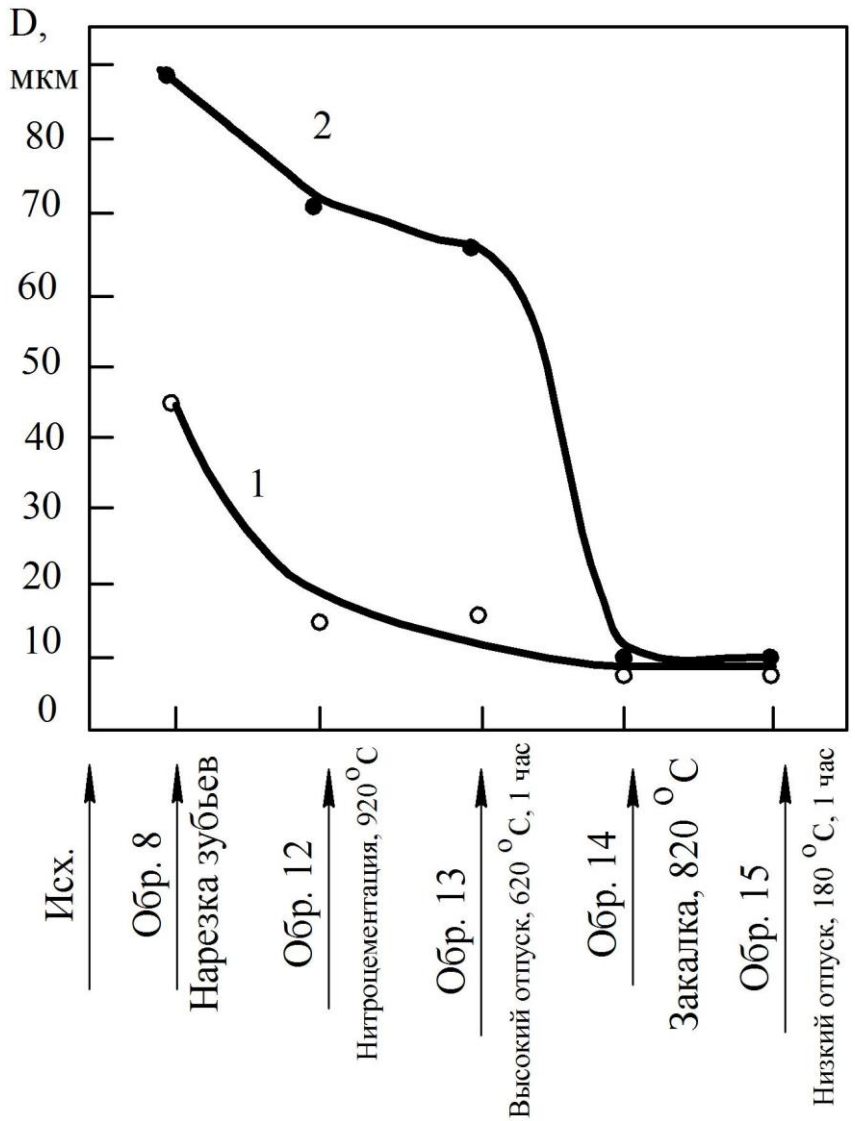


Рисунок 25 – Измерение средних размеров зерен б-фазы D в стали 20Х2Н4А в зависимости от термообработки шестерни на поверхности (1) и на расстоянии ~2 мм от поверхности зуба (2)

В зоне, находящейся впереди фронта распространяющейся трещины, максимальный уровень напряжений, равный 6500 МПа, достигается после проведения процесса нитроцементации. В дальнейшем при последующих термообработках эта величина уменьшается, оставаясь, тем не менее, значительной – 4000 МПа.

Отсюда следует, что только высокопрочный металл, находящийся на пути распространяющейся трещины, предохранит шестерню от разрушения.

На рисунке 32 представлены более детальные сведения о структуре высоконапряженной зоны (зона 1, рисунок 4 б, [4]) в голове трещины. На этом рисунке приведены значения амплитуды кривизны-кручения кристаллической решетки ч в двух случаях: 1. – непосредственно у вершины трещины; 2. – на границе высоконапряженной зоны 1 и зоны 2 (рисунок 4 б, [4]). В зоне1 упругая компонента кривизны-кручения кристаллической решетки (ч $_{упр}$) всегда больше пластической компоненты (ч $_{пл}$), которая обеспечивается дислокациями. В зоне 2 обе компоненты становятся соизмеримыми. Внутренние поля напряжений в любой из зон пропорциональны суммарной величине ч, которая также дана на этом рисунке. Величина напряжений в зоне 1 при большинстве видов термообработки либо возрастает, либо снижается незначительно. Максимальные поля напряжений оказываются либо после нитроцементации (образец 12), либо после высокого отпуска (образец 13), либо после закалки (образец 14). Их численные значения достаточны как для зарождения новых микротрещин, так и для дальнейшего развития уже сформированных. Степень упрочнения зон 1 и 2 такова, что пластическая релаксация высоких напряжений затруднена. Поэтому основным механизмом релаксации данных напряжений являются процессы зарождения, формирования и развития трещин.

На рисунке 29 обращает на себя внимание соизмеримость длины трещины, равной нескольким микронам, и упругопластической зоны перед ее фронтом. Причем согласно масштабной классификации [16] – это микротрещины. Такие трещины создают мощную упругопластическую зону и являются стабильными полостями в металле. Такие трещины растут при проявлении значительных нормальных напряжений. Они развиваются посредством значительной пластической деформации перед фронтом (в голове) трещины.

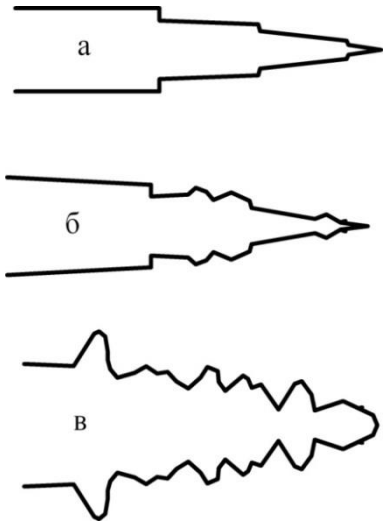


Рисунок 26 – Схематическое изображение трещин: а – трещины скола; б – трещины квазискола; в – трещины вязкого разрушения

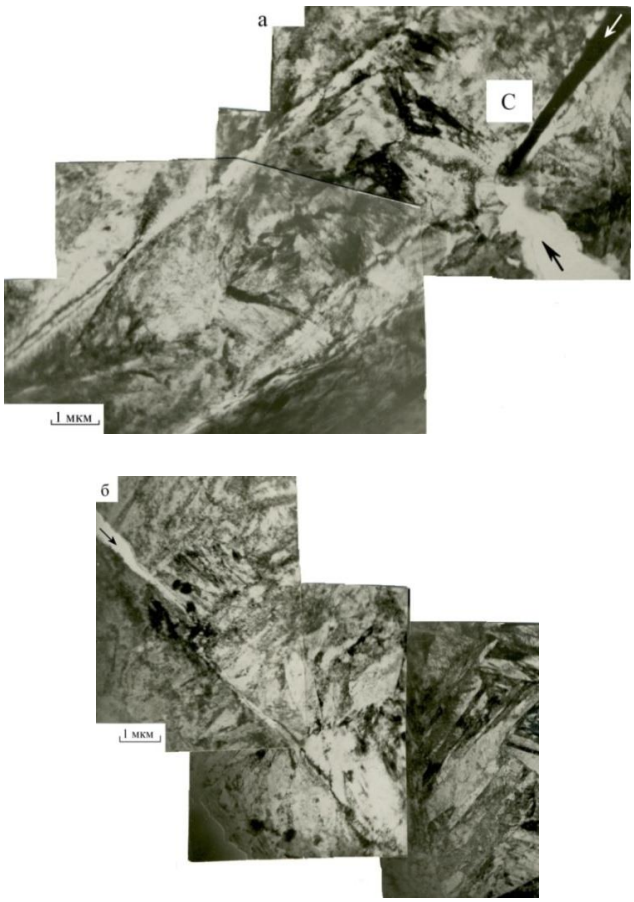


Рисунок 27 – Электронно-микроскопическое изображение микротрещин в стали 20Х2Н4А после нитроцементации и последующих термообработок: высокого отпуска, закалки и низкого отпуска (обр. 15). Микротрещины указаны стрелками

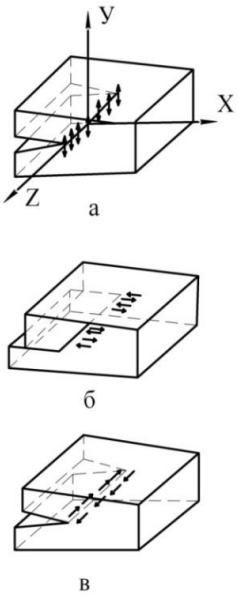


Рисунок 28 –Типы взаимного смещения поверхностей трещины в зависимости от направления действия напряжений (показаны стрелками):
а – разрыв (нормальное смещение краев трещины);
б – продольный сдвиг; в – поперечный сдвиг

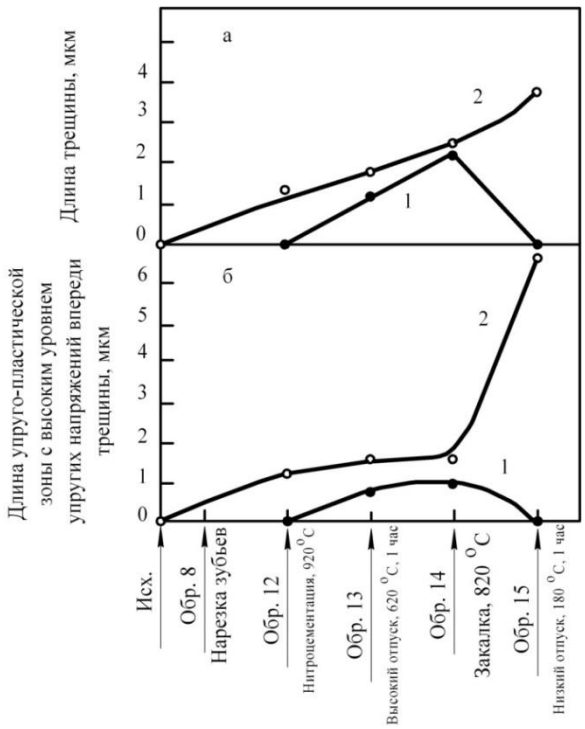


Рисунок 29 –Изменение средней длины трещины (а) и размеров упруго-деформированной зоны впереди нее (б) в зависимости от термообработки шестерни на поверхности (1) и на расстоянии ~2 мм от поверхности зуба (2). Данные электронной микроскопии

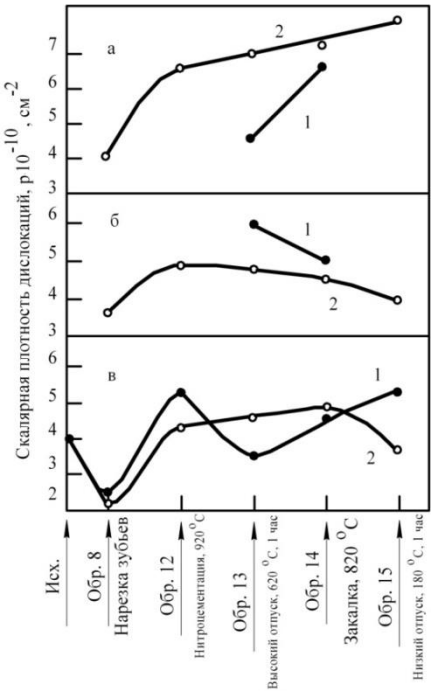


Рисунок 30 –Изменение скалярной плотности дислокаций в голове трещины (а), в упруго-деформационной зоне впереди нее (б) и в материале, свободном от трещин (в), в зависимости от термообработки шестерни на поверхности зуба (1) и на расстоянии ~2 мм от поверхности зуба (2). Данные электронной микроскопии

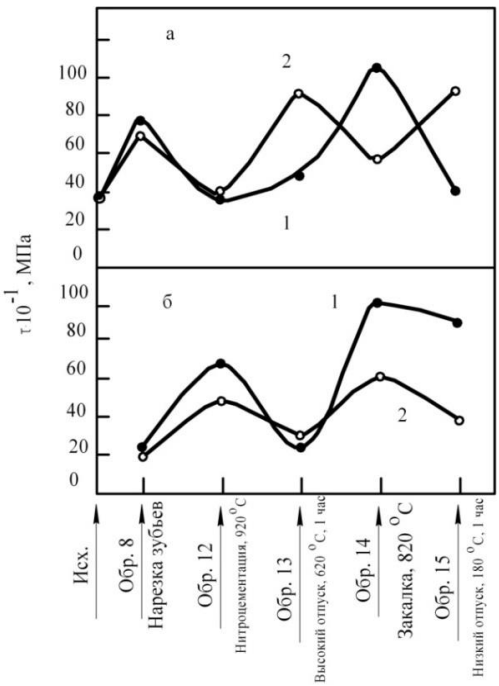


Рисунок 31 –Изменение амплитуды внутренних напряжений, методом электронной микроскопии (а) и рентгеноструктурного анализа (б), в зависимости от термообработки шестерни на поверхности зуба (1) и на расстоянии ~2 мм от поверхности зуба (2)

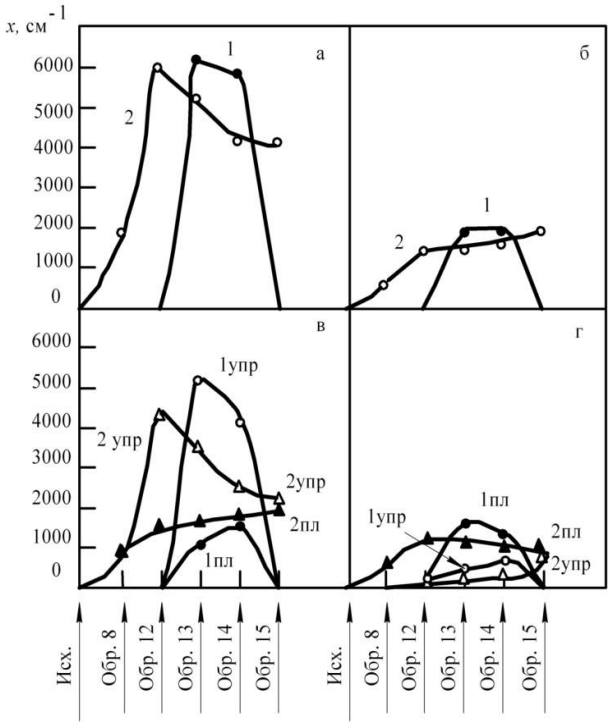


Рисунок 32 – Изменение амплитуды кривизны-кручения кристаллической решетки ч, измеренных методом электронной микроскопии в зависимости от термообработки шестерни на поверхности зуба (1) и на расстоянии ~2 мм от поверхности зуба (2):а, в – в голове трещины; б, г – в упруго-деформированной зоне впереди трещины; а, б – среднее значение амплитуды кривизны-кручения, ч; в, г – упругая (1упр, 2упр) и пластическая (1пл, 2пл) компоненты амплитуды кривизны-кручения

Выводы

В результате исследования строения нитроцементованного слоя металла зуба шестерни:

1. Получены количественные характеристики внутренних полей напряжений и микротрещин.

2. Исследована структура зоны впереди фронта развивающихся трещин.

3. Показано, что микротрещины зарождаются уже при нарезке зубьев и достигают наиболее активного состояния после нитроцементации, высокого отпуска и закалки.

4. Установлено, что во всех случаях на поверхности металла релаксационные процессы развиты сильнее. Поэтому активность трещин выше внутри металла зуба, причем протяженность микротрещин и их «острота» возрастают по мере удаления от нитроцементованного слоя вглубь металла.

5. Определено, что во всех исследованных состояниях металл имеет значительное количество микротрещин и такую амплитуду внутренних полей напряжений, которая позволяет предсказывать высокую вероятность развития разрушения в процессе эксплуатации шестерни в приводе редуктора угольного конвейера.

Авторы выражают глубокую благодарность профессору, д-ру ф.-м. наук Н.А. Коневой, а также Н.А. Поповой и Л.Н. Игнатенко за анализ и обсуждение данных эксперимента.

В работе использованы материалыисследований, полученные при выполнении хозяйственного договора №4-Д/22 по теме «Исследование цементированных и азотированных деталей изделий К-500 СПЦ 271.38 Л.00.000СБ из сталей 20Х2Н4А, 38ХН3МА, 18ХГТ с различным содержанием вредных примесей (S, P, неметаллических включений) с целью установления причин трещинообразования на различных этапах технологического процесса изготовления» на базе ООО «Юргинский машиностроительный завод» (руководитель темы в рамках хозяйственного договора А.М. Апасов).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Апасов А.М., Галевский Г.В. Методы исследования, испытания, анализа и контроля в металлургии и материаловединии: Учебное пособие. − Томск: Изд-во ТПУ, 2008. − 488 с. (Гриф УМО Минобрнауки РФ).

2. Козлов Э.В. Фазовый состав и градиентная структура нитроцементованной стали 20Х2Н4ФА после низкого отпуска / Э.В. Козлов, Н.А. Попова, В.А. Малиновская, А.М. Апасов // Изв. вуз. Черная металлургия. – 2005. – №8 – С. 26-29.

3. Козлов Э.В., Малиновская В.А., Попова Н.А., Подковка В.П., Апасов А.М. Материаловедческие аспекты градиентных структурно-фазовых

состояний нитроцементованной стали // Известия высщих учебных заведений. Черная металлургия. 2006. − № 2. − С. 33-36.

4. Апасов А.М. Разрушение нитроцементованной стали/ А.М. Апасов, А.А. Апасов, Э.В. Козлов // Известия Томского политехнического университета.– 2013. – Т.323. – №2. – С.72-76.

5. Миркин Л.И. Справочник по рентгеноструктурному анализу поликристаллов. – М.: Физматгиз, 1961. – 863 с.

6. Горелик С.С., Расторгуев Л.Н., Скаков Ю.А. Рентгенографический и электронноптический анализ. – М.: Металлургия, 1970. – 366 с.

7. Русаков А.А. Рентгенография металлов. – М.: Атомиздат, 1977. – 480 с.

8. Лахтин Ю.М., Коган Я.Д. Азотирование стали. – М.: Машиностроение, 1976. – 256 с.

9. Диаграммы состояния двойных и многокомпонентных систем на основе железа: Справочное изд./Банных О.А., Будберг П.Б., Алисова С.П. и др. – М.: Металлургия, 1986. – 440 с.

10. Хирш П., Хови А., Николсон Р., Пэшли Д., Уэлан М. Электронная микроскопия тонких кристаллов. – М.: Мир, 1968. – 574 с.

11. Конева Н.А., Лычагин Д.В., Теплякова Л.А., Козлов Э.В. Развороты кристаллической решетки и стадии пластической деформации. Экспериментальное исследование и теоретическое описание дисклинаций. – Л.: ФТИ, 1984. – С. 161-164.

12. Конева Н.А., Лычагин Д.В., Жуковский С.П. и др. Эволюция дислокационной структуры и стадии пластического течения поликристаллического железоникелевого сплава//ФММ. – 1985. – Т. 60,№ 1. – С. 171- 179.

13. Конева Н.А., Козлов Э.В. Природа субструктурного упрочнения//Изв. ВУЗов. Физика. – 1982.№ 8. – С. 3-14.

14. Конева Н.А., Лычагин Д.В., Теплякова Л.А. и др. Полосовая субструктура в ГЦК-однофазных сплавах//Дислокационная и ротационная деформация твердого тела. – Л.: ФТИ, 1988. – С. 103-113.

15. Гудков А.А. Трещиностойкость стали. – М.: Металлургия, 1989.– 76 с.

16. Мешков Ю.А., Пахаренко Г.А. Структура металлов и хрупкость стальных изделий. – Киев: Наукова думка, 1985. – 263 с.

УДК: 613.6:614
ББК 51.1

В.В. Захаренков, И.В. Виблая

О ПОТРЕБНОСТИ В ПРОФПАТОЛОГИЧЕСКОЙ ЛЕЧЕБНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЙ ПОМОЩИ

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний», г. Новокузнецк

Учеными Научно-исследовательского института комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний (НИИ КПГПЗ) ведутся разработки по вопросам демографического развития и сохранения трудового потенциала населения Сибирского федерального округа (СФО) [5, 10], которого в большей степени касается проблема дефицита трудовых ресурсов [7, 15], особенно связанная с производственным травматизмом [8] и профессиональной заболеваемостью [13], и где крайне негативная ситуация складывается в Кемеровской области [1, 11].

Большое количество промышленных предприятий, производящих выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух (в Сибири это преимущественно предприятия металлургии и теплоэнергетики), в сочетании с метеорологическими условиями (штили и инверсии) и особенностями городских застроек (близость селитебных и промышленных зон), ведут к опасному загрязнению окружающей среды, нанося урон здоровью населения, особенно работающего на вредных производствах [12].

В поиске решений обозначенной проблемы ведутся разработки целевых программ, предусматривающих различные аспекты демографического развития [9], сохранения трудового потенциала населения [16], здоровья подрастающего поколения (завтрашних трудовых ресурсов) [2, 6, 17, 18, 19, 20] и оптимизации системы здравоохранения [3, 4]. В связи с этим ***основными направлениями научной деятельности*** НИИ КПГПЗ являются:

- Изучение основ формирования репродуктивного здоровья человека, оценка и прогноз воспроизводства и потерь здоровья населения в регионах Сибири, Дальнего Востока и Крайнего Севера.
- Гигиеническая оценка социальных, экологических и производственных условий на территориях Сибири с разработкой эффективных методов профилактики, лечения и реабилитации профессиональных, производственно обусловленных и общесоматических заболеваний у работающего населения.
- Изучение проблем управления и организации систем охраны здоровья населения, разработка методологических основ и методик формирования стратегии и технологических элементов реализации оздоровительных

программ, территориального здравоохранения, медицинских служб и организаций.

В НИИ КПГПЗ создан и поддерживается в актуальном состоянии банк данных на больных с профессиональными заболеваниями, проживающих на юге Кузбасса. Этот банк данных, с одной стороны, является накопителем сведений для оценки объективности назначения и эффективности проведения различных мероприятий, направленных на охрану здоровья работающих, с другой – становится основой для определения потребности в профилактических, лечебных, реабилитационных, санаторно-курортных мероприятиях. Опыт работы, накопленный в системе здравоохранения г. Новокузнецка [14], позволяет сделать вывод о том, что в процессе определения потребности в различных видах медицинской помощи в дополнение к накопленному банку данных необходима организация экспертной работы по целому ряду направлений. На примере профпатологической службы это выглядит так:

- определение контингентов больных с профессиональными заболеваниями, их группировка по общим критериям и ранжирование их по значимости групп заболеваний;
- выбор оптимальной методики прогнозирования состояний;
- определение перечня лечебных и восстановительных мероприятий;
- определение потребности в лечебных и восстановительных мероприятиях, в том числе в санаторно-курортных, по каждой группе профессиональных заболеваний;
- оценка эффективности осуществления мероприятий в различных видах лечебных и реабилитационных учреждений;
- оценка условий осуществления мероприятий (нормативы деятельности, кадровые, структурные, финансовые ограничения и др.);
- определение методики моделирования ситуаций;
- разработка вариантов управляющих воздействий по ситуациям;
- выработка механизма контроля эффективности применения управляющих воздействий;
- апробация выработанных подходов, внедрение на других территориях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурдейн А.В., Захаренков В.В., Колядо В.Б., Виблая И.В. Медико-демографические проблемы в формировании здоровья населения Кемеровской области // Российская академия медицинских наук. Бюллетень Национального научно-исследовательского института общественного здоровья. – 2009. – № 2. – С. 25-26.

2. Виблая И.В., Захаренков В.В., Бердикова Е.А. Оценка показателей заболеваемости детей в начальных классах общеобразовательных школ г. Новокузнецка // Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра СО РАМН. – 2010. – № 4. – С. 161-163.

3. Виблая И.В., Захаренков В.В., Пестерева Д.В. Оптимизация потребности в лечебно-восстановительной помощи больным с профессиональными заболеваниями как путь к сохранению трудового потенциала // Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра СО РАМН. – 2012. – № 5-2 (87). – С. 78-81.

4. Виблая И.В., Захаренков В.В., Цай Л.В. К исследованию качества оказания медицинской помощи на основе интегрированных оценок // Российская академия медицинских наук. Бюллетень Национального научно-исследовательского института общественного здоровья. – 2007. – № 2.–С.44-46.

5. Виблая И.В., Захаренков В.В., Шамаев Д.Ю., Анохина С.С. Тенденции демографических процессов в промышленных городах юга Кузбасса // Здоровье населения и экология: состояние, проблемы, пути решения : материалы XLII научно-практической конференции с международным участием «Гигиена, организация здравоохранения и профпатология» / под ред. В.В. Захаренкова. – Новокузнецк, 2007. – С. 37-41.

6. Виблая И.В., Захаренков В.В., Россошанский А.Ю. и др. Результаты внедрения мероприятий, направленных на профилактику миопии при интенсивной зрительной нагрузке // Российская академия медицинских наук. Бюллетень Национального научно-исследовательского института общественного здоровья. – 2010. – № 3. – С. 31-33.

7. Захаренков В.В., Виблая И.В. Актуальные проблемы формирования трудового потенциала населения России, прогностические оценки // Материалы Всероссийского съезда врачей-профпатологов. – Новосибирск, 2008. – С. 168-169.

8. Захаренков В.В., Виблая И.В. Безвозвратные потери трудового и жизненного потенциала (на примере смертности от множественных травм среди населения г. Новокузнецка) // Фундаментальные исследования. – 2007. – № 10. – С. 81.

9. Захаренков В.В., Виблая И.В. Демографические проблемы и пути сохранения трудового потенциала населения // Материалы совещания по вопросам ведения социально-гигиенического мониторинга в Сибирском и Уральском федеральных округах Российской Федерации. – Барнаул, 2008. – С. 42-45.

10. Захаренков В.В., Виблая И.В. Краткий обзор направлений научных исследований Научно-исследовательского института комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний по вопросам сохранения трудового потенциала населения Сибирского федерального округа // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 10-8. – С. 1617-1621.

11. Захаренков В.В., Виблая И.В. Основные демографические проблемы и пути их решения на муниципальном уровне // Российская академия медицинских наук. Бюллетень Национального научно-исследовательского института общественного здоровья. – 2008. – № 3. – С. 60-62.

12. Захаренков В.В., Кислицына В.В. Определение приоритетности природоохранных мероприятий на основе оценки риска для здоровья населения

промышленного города // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 2. – С. 12-15.

13. Захаренков В.В., Виблая И.В., Бурдейн А.В. Профессиональная заболеваемость, как проблема сохранения трудового потенциала Кемеровской области: пути решения // Лечение, медико-социальная экспертиза и реабилитация в ортопедии, нейрохирургии, ангиологии : материалы Всероссийской научно-практической конференции. Новокузнецк, 16-17 сентября 2008 г. – Кемерово : ИД «Медицина и просвещение», 2008. – С. 50-51.

14. Захаренков В.В., Виблая И.В., Святова С.В. О потребности в паллиативной помощи муниципального уровня в условиях областного подчинения онкологической службы (на примере г. Новокузнецка Кемеровской области) // Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра СО РАМН. – 2013. – № 3-2 (91). – С. 162-166.

15. Захаренков В.В., Виблая И.В., Цай Л.В. Варианты перспективных оценок трудового потенциала России с учетом рождаемости и смертности населения // Медицина труда: Реализация Глобального плана действий по здоровью работающих на 2008-2017 гг. : материалы Всероссийской конференции, посвященной 85-летию ГУ НИИ медицины труда РАМН / под ред. акад. РАМН Н.Ф. Измерова. – М. : МГИУ, 2008 – С. 110-111.

16. Захаренков В.В., Морозова О.А., Виблая И.В. Особенности развития силикотуберкулеза у рабочих предприятий черной металлургии // Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра СО РАМН. – 2012. – № 5-2 (87). – С. 82-85.

17. Захаренков В.В., Виблая И.В., Олещенко А.М., Левина И.Л. Мониторинг «Образование и здоровье» в системе управления качеством образования : монография – Новокузнецк : ООО «Полиграфист», 2010. – 144 с.

18. Захаренков В.В., Виблая И.В., Бурдейн А.В. и др. Профилактика миопии в школьные годы как мероприятие по сохранению трудового потенциала населения (на примере г. Новокузнецка) // Российская академия медицинских наук. Бюллетень Национального научно-исследовательского института общественного здоровья. – 2010. – № 3. – С. 68-70.

19. Захаренков В.В., Виблая И.В., Россошанский А.Ю. и др. Миопия школьников как проблема адекватного выбора профессии. Пути решения // Сибирский педагогический журнал. – 2010. – № 6. – С. 130-140.

20. Россошанский А.Ю., Захаренков В.В., Виблая И.В., Савиных В.И. Состояние заболеваемости миопией среди детей в условиях организации внедрения цветотерапии : монография – Новокузнецк: ООО «Полиграфист», 2010. – 144 с.

УДК 613.6

В.В. Захаренков, Т.Н. Страшникова, А.М. Олещенко, Д.В. Суржиков, В.В. Кислицына

ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ПО ОБРАЩАЕМОСТИ РАБОТНИКОВ ГОРНОРУДНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний», г. Новокузнецк

Одним из наиболее многочисленных контингентов, постоянно подвергающихся воздействию комплекса неблагоприятных производственных факторов, являются работники горнорудной промышленности, где при высоком объеме горных подземных работ около 40% горнорабочих продолжают трудиться во вредных условиях. Вследствие этого за последние годы отмечается рост как профессиональной, так и общей заболеваемости среди промышленных работников горнорудной промышленности.

Метод изучения показателей заболеваемости по обращаемости характеризуется учетом всех первичных случаев заболеваемости, а также первичных обращений в поликлинику больных с хроническими заболеваниями. В связи с этим он дает наиболее полное выявление острых заболеваний. Повышение по мере увеличения стажа работы в определенных условиях заболеваемости работников, составляющих одну и ту же возрастную группу, которая имеет по другим факторам аналогичные условия жизни, свидетельствует о влиянии условий труда на их здоровье [1, 2].

В работе был проведен анализ общей заболеваемости по обращаемости у работников основной группы (машинистов буровых установок и проходчиков) и контрольной группы (электрослесари) за пятилетний период (рис.1).

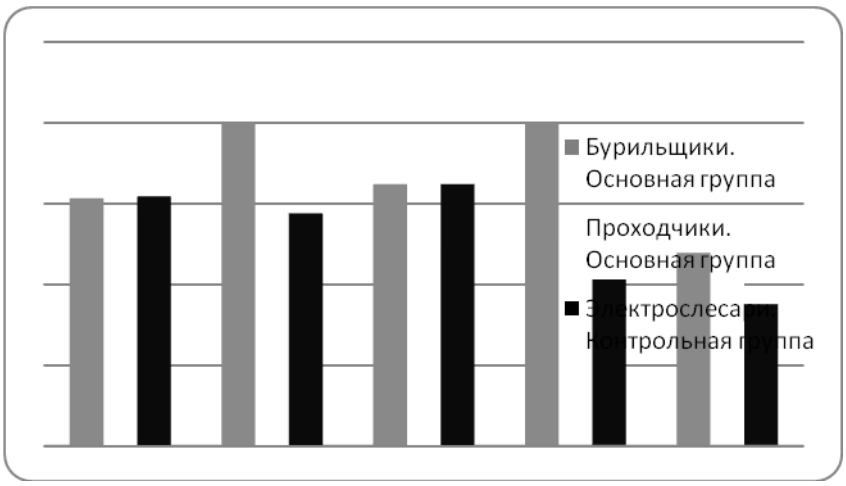


Рисунок 1- Общая заболеваемость по обращаемости у работников основной (бурильщики и проходчики) и контрольной групп (электрослесари) за пятилетний период (на 1000 человек).

Как видно из рисунка 1, общая заболеваемость по обращаемости была выше в основной группе, особенно у машинистов буровой установки. Наиболее высокие показатели заболеваемости по обращаемости наблюдались у бурильщиков за исследуемый период в 2009 г. и 2011 г., у проходчиков – в 2008 г. и 2012 г. В контрольной группе заболеваемость по обращаемости была наиболее высока в 2010 г.

Наибольший вклад в заболеваемость по обращаемости за исследуемый период у машинистов буровых установок, проходчиков и электрослесарей внесли болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани, травмы и отравления и болезни органов дыхания (рис. 2).

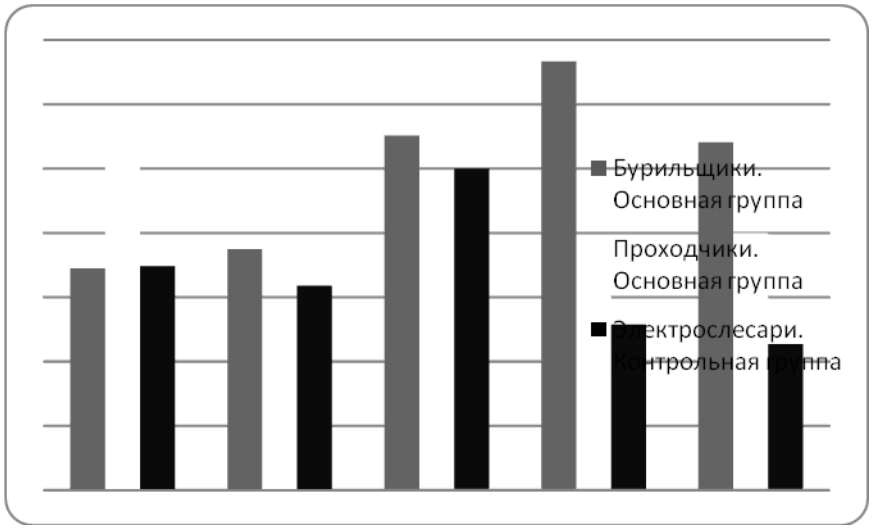


Рисунок 2 - Заболеваемость по обращаемости по классу болезней костно-мышечной системы и соединительной ткани у работников основной (машинисты буровой установки, проходчики) и контрольной групп (электрослесари) за 2008-2012 гг. (на 1000 человек).

Наиболее высокие показатели за исследуемый период наблюдались у машинистов буровой установки в 2010 г. и 2011 г., у проходчиков – в 2008 г. и 2010 г. В целом, заболеваемость по классу болезней костно-мышечной системы и соединительной ткани, была выше практически за весь период у машинистов буровых установок. За исследуемый период заболеваемость по обращаемости в основной группе по данному классу была выше, чем в контрольной, за исключением 2010 г.

При анализе заболеваемости по обращаемости по классу травм, отравлений и некоторых других последствий воздействия внешних причин у машинистов буровой установки и проходчиков было установлено, что наиболее высокие показатели отмечались в основной группе у машинистов буровой установки в 2009 г. (в 2 раза выше, чем у проходчиков за весь изучаемый период и у электрослесарей контрольной группы). У проходчиков в основной группе наиболее высокая заболеваемость по классу травм и отравлений наблюдалась в 2008 г. В целом, заболеваемость по обращаемости

основной группы была в течение всего исследуемого периоды выше, чем заболеваемость в контрольной группе (рис. 3).

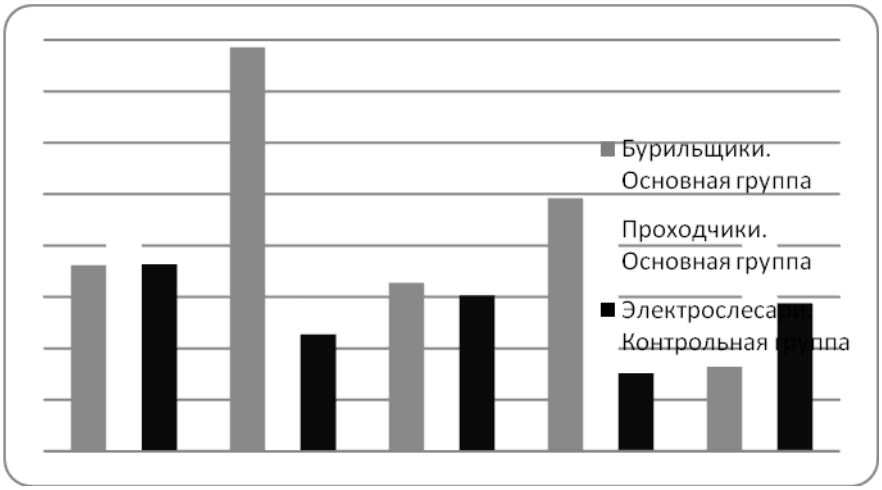


Рисунок 3 - Заболеваемость по обращаемости по классу травм, отравлений и некоторых других последствий воздействия внешних причин у работников основной (машинисты буровой установки и проходчики) и контрольной групп (электрослесари) за 2008-2012 гг. (на 1000 человек).

Как видно из рисунка 4, заболеваемость по обращаемости в течение изучаемого периода по классу болезней органов дыхания была выше у машинистов буровой установки в основной группе и максимальные показатели отмечены в 2008 г. и 2009 г. Они были в 2 и в 1,5 раза выше аналогичных показателей у проходчиков основной группы и электрослесарей контрольной группы в данном году. При анализе заболеваемости по классу болезней органов дыхания у проходчиков основной группы и у электрослесарей контрольной группы выявлены наиболее высокие показатели в 2009 г. и 2010 г.

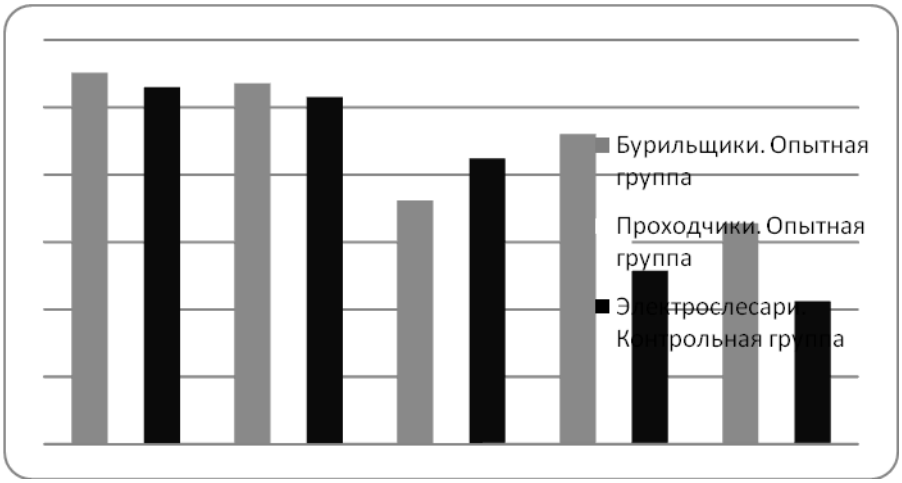


Рисунок 4 - Заболеваемость по обращаемости по классу болезней органов дыхания у работников основной (машинисты буровой установки, проходчики) и контрольной групп (электрослесари) за 2008-2012 гг. (на 1000 человек).

Таким образом, проблема сохранения и улучшения состояния здоровья и медицинского обслуживания работников горнодобывающей отрасли является одним из приоритетных направлений медицины труда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Захаренков В.В., Виблая И.В., Колядо В.Б. Оптимизация управления региональной системой охраны здоровья трудовых ресурсов // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2014. № 5. С. 36-38.
2. Страшникова Т.Н. Анализ показателей общей и первичной заболеваемости у лиц трудоспособного возраста в Российской Федерации и на ее административных территориях // Теоретические и прикладные аспекты современной науки. 2014. № 3-2. С. 171-174.

УДК 614.1:314.1

Ю.А. Григорьев, О.И. Баран

ПРОФИЛАКТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ И ПРЕДПОСЫЛКИ РОСТА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ

ФГБНУ «НИИ комплексных проблем гигиены и профзаболеваний», г. Новокузнецк

На высшем уровне руководства страны в октябре 2007 года была утверждена «Концепция демографической политики Российской Федерации на период до 2025 года». План действий на первом этапе реализации этой Концепции был утвержден Правительством РФ 14 февраля 2008 года. В Указе Президента РФ от 7 мая 2012 года «О мерах по реализации демографической политики РФ» предусматривается увеличение важнейшего показателя – ожидаемой продолжительности жизни населения – до 74,0 лет. Реальна ли поставленная задача? Какие существуют перспективные пути для ее решения?

«Как преодолеть отставание России по продолжительности жизни?» Под таким названием прошел Круглый стол в редакции журнала «Демографическое обозрение» [20]. Было признано недопустимым отставание России по величине продолжительности жизни населения от ведущих экономически развитых стран. Это подтверждают все эксперты и исследователи в данной области [1, 4, 21, 24]. Ситуация с продолжительностью жизни в Сибири за последние десятилетия была еще хуже [5-11, 16], что одновременно сказывается и на воспроизводстве населения [12-15, 17-19, 21]. В этой связи самое пристальное внимание должно быть обращено на профилактику заболеваний и укрепление здоровья как на важные предпосылки роста продолжительности жизни.

В экономически развитых странах, начиная с 60-х годов XX века, наметился значительный рост интереса к проблемам профилактики неинфекционных заболеваний, что следует рассматривать в контексте эпидемиологического перехода, вызвавшего кардинальные изменения в структуре патологии населения. Важность такого подхода основана на многочисленных наблюдениях, где обнаруживается очевидная связь между отношением человека к своему здоровью и заболеваниями, стоящими в числе ведущих в списке причин смертности населения. Малоподвижность, избыточная масса тела, несоблюдение правил здорового питания и иные факторы риска ведут к атеросклерозу, ИБС, раку, диабету, остеопорозу, и это неоспоримо свидетельствует об огромных резервах профилактики неинфекционных заболеваний и укрепления здоровья [3, 22, 23]. Получает все большее распространение междисциплинарный подход к профилактике, построенный на представлении о многофакторности заболеваний. Междисциплинарность в профилактике подразумевает по сути дела и новый синтез: взаимослияние и взаимопроникновение медицинской науки и корпуса социальных наук.

Область профилактики, к которой проявляется повышенный интерес, – образ жизни человека. Считается, что в экономически развитых странах образ жизни является в настоящее время главной детерминантой здоровья человека, центральным звеном профилактической медицины. Образ жизни есть понятие многомерное и достаточно сложное, объединяющее различные факторы, к которым можно отнести активную жизненную позицию человека, творческие начала личности, личную гигиену, питание, характер воспитания детей и семейный «климат», наличие вредных привычек (курение, алкоголь, наркотики), отдых, физическое закаливание и режим физической активности, психологические стрессы. Считается, что изменение образа жизни в сторону оздоровления будет способствовать значительному сокращению факторов риска, улучшит индивидуальное здоровье, а это приведет к улучшению качества жизни [2, 3, 11, 22].

Необходимы разнообразные варианты убеждения для мотивации здорового поведения, для того чтобы люди, имея всестороннюю информацию о состоянии здоровья и факторах риска, могли изменять свое поведение, достигать более высокого уровня физического и психического развития. Мероприятия по изменению поведения, связанные с профилактикой заболеваний и укреплением здоровья, должны предусматривать не только методы убеждения, воспитания, но и методы принуждения. К этому можно отнести различные формы запрета, закрепляемые в общегосударственных и местных законодательных актах, высокое налогообложение вредных для здоровья форм деятельности и товаров. В то же самое время следует с пониманием относиться к людям, избравшим для себя нездоровые формы поведения, и избегать применения к ним излишне жестких санкций. Профилактика должна предусматривать разработку разнообразных мероприятий, направленных не только на изменение индивидуального поведения, но при этом следует настойчиво добиваться формирования

здорового группового поведения с таким расчетом, чтобы создавались предпосылки его закрепления в социокультурных нормах различных этнодемографических групп. Это позволит утвердить позитивные мотивы социокультурной трансляции новых норм, нацелит людей на самосовершенствование собственного здоровья в ряду поколений. В такой деятельности необходимо учитывать постоянный рост общего уровня образования населения, понимание человеком личной ответственности за собственное здоровье [2, 11, 14, 22, 23].

Слабая мотивация у современного человека в отношении поддержания собственного здоровья имеет две причины. Первая состоит в том, что между факторами нездоровья (например, вредные для здоровья привычки: курение, алкоголь, гиподинамия) и следствием (например, болезни системы кровообращения или органов дыхания) имеется достаточно продолжительный интервал времени. В таких условиях в обыденном сознании у человека с трудом связываются причины и последствия в виде болезней. Вторая причина состоит в том, что человек с раннего возраста подвержен влиянию множества воздействий, которые конкурируют со здоровьем. Богатство, карьера, путешествия, удовольствия – все это мощные и значимые цели для людей, часто несопряженные с собственным здоровьем. Многие расценивают богатство и удовольствия выше, чем здоровье. Особенно это проявляется в семьях, где не сложились традиции социального наследования самосохранительного поведения или при отсутствии таковых.

Значительная сложность проблем профилактической медицины требует передачи многих вопросов охраны здоровья в сферу политики. Необходимо наличие твердой политической воли на всех уровнях управления для долговременной деятельности по профилактике заболеваний и укреплению здоровья. В последние десятилетия мощной политической силой стало движение в защиту окружающей среды. Могут ли вопросы здорового образа жизни приобрести столь значительное политическое звучание? Как можно способствовать этому и ускорить продвижение в данном направлении? Сложность указанных проблем показывает, что почти все надежды на достижение эффективных решений относятся к политической сфере. Нахождение общего согласия по обеспечению здоровья людей, примирение противоречивых интересов торговли, промышленности, сельского хозяйства, оборонной сферы и потребителей – необыкновенно сложная задача даже для одной страны. Необходимость грамотных политических решений еще более очевидна в отношении указанных сфер регулирования при международном сотрудничестве. Но здесь уже можно назвать позитивные примеры [23].

Эффективная деятельность по профилактике неинфекционных заболеваний и укреплению здоровья населения требует следующих условий: 1) хорошо продуманного проекта (или пакета проектов); 2) взаимодействия различных секторов общества (межсекторального, межведомственного взаимодействия); 3) согласия между участниками этого процесса; 4) достаточных финансовых ресурсов. Создание действенной политики профилактики неинфекционных заболеваний и укрепления здоровья возможно

только в том случае, если объект профилактики (население) активно участвует в процессе, превращаясь в деятельностный субъект – людей с ярко выраженными целями в жизни, среди которых важное место занимают сохранение и развитие не только собственного здоровья, но и здоровья своих детей, своих родных, окружающих [6, 11, 15, 22].

В заключение необходимо особо отметить, что позитивные результаты здесь появятся не сразу, но возникшая ситуация уже сейчас допускает выработку эффективной политики профилактики неинфекционных заболеваний, то есть согласия о приоритетных проблемах, стратегиях и вытекающих из этого действиях – проектах, которые при реализации обеспечат в дальнейшем более высокий уровень здоровья людей и увеличение продолжительности жизни населения. Даже наличие только согласованной политики существенно повлияет на здоровье людей, в таких условиях меняется общественное мнение, постепенно изменится структура затрат – они все в большей степени пойдут на перспективные направления профилактики неинфекционных заболеваний, на укрепление здоровья человека и на снижение потерь продолжительности жизни населения. Кардинальное решение проблем профилактики заболеваний в России возможно будет только при длительном существовании открытого общества, в условиях подлинной гражданской свободы Человека, когда самодетерминация личности с позитивным смыслом девиза «свобода для» станет массовым общественным явлением, то есть в условиях более высокого уровня культуры. Таким нам представляется действенный путь улучшения здоровья людей и увеличения продолжительности жизни населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев Е.М., Кваша Е.А., Харькова Т.Л. Романов А.В. Смертность и продолжительность жизни // Население России 2012: Двадцатый ежегодный демографический доклад. – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2014. – С. 239-308.

2. Байер К., Шейнберг Л. Здоровый образ жизни: Пер. с англ. – М.: Мир, 1997. – 368 с.

3. Бойцов С.А., Оганов Р.Г. Четверть века в поисках оптимальных путей профилактики неинфекционных заболеваний и новые задачи на будущее (к 25-летнему юбилею образования Государственного научно-исследовательского центра профилактической медицины) // Профилактическая медицина. – 2013. – Т. 16, № 5. – С. 3-8.

4. Вишневский А. Смертность в России: несостоявшаяся вторая эпидемиологическая революция // Демографическое обозрение. – 2014. – Т. 1, № 4. – С. 5-40.

5. Григорьев Ю.А. Демографический переход и современное состояние продолжительности жизни населения Сибири // Комплексные гигиенические исследования на пороге XXI века. – Новокузнецк, 1999. – С. 37-46.

6. Григорьев Ю.А. Закономерности нелинейной динамики народонаселения и демографическая политика как основа развития здоровья населения Сибири // Бюллетень Сибирского отделения РАМН. – 2008. – № 4. – С. 22-28.

7. Григорьев Ю.А. Использование метода компонент в анализе продолжительности жизни // Комплексная программа охраны здоровья населения Сибири. – Новосибирск, 1985. – С. 53-73.

8. Григорьев Ю.А. Медико-демографические процессы и охрана здоровья населения Сибири и Дальнего Востока // Теория и практика комплексных гигиенических исследований. – Новосибирск, 1987. – С. 44-63.

9. Григорьев Ю.А. Медико-демографические процессы на востоке РСФСР. К стратегии развития охраны здоровья населения // Бюллетень Сибирского отделения АМН СССР. – 1991. – № 4. – С. 8-14.

10. Григорьев Ю.А. Продолжительность жизни населения Сибири: анализ и перспективы исследований // Социально-экономические проблемы перестройки в Сибири. – Кемерово, 1989.– С. 30-42.

11. Григорьев Ю.А. Продолжительность жизни населения Сибирского федерального округа // Развитие человеческого потенциала Сибири: проблемы социального воспроизводства регионального сообщества. – Иркутск: Оттиск, 2013. – С. 52-96.

12. Григорьев Ю.А., Баран О.И. Глобальные и российские демографические перспективы. Введение в проблему // Общественное здоровье: мониторинг, организация медицинской помощи. – Новокузнецк, 2005. – С.48-53.

13. Григорьев Ю.А., Баран О.И. Демографические перспективы России в новом столетии // Демографическая ситуация в Новокузнецке и России: причины, динамика, прогноз. – Новокузнецк: Изд-во МОУ ДПО ИПК, 2005. – С. 4-8.

14. Григорьев Ю.А., Баран О.И. Демографическое прогнозирование, или как избежать депопуляции в России // Актуальные проблемы медицины. – Абакан: Изд-во ГОУ ВПО «Хакасский гос. ун-т им. Н.Ф. Катанова», 2010. – С. 82-95.

15. Григорьев Ю.А., Баран О.И. Закономерности демографических процессов и семейная политика // Социально-гигиенические подходы в решении фундаментальных и прикладных проблем современной медицины. – Новокузнецк: ООО «Полиграфист», 2014. – С. 31-37.

16. Григорьев Ю.А., Баран О.И. Продолжительность жизни населения Сибирского федерального округа: динамика в период восстановления (2003-2013) // Современные научные исследования и инновации. – 2015. – № 7-5 (51). – С. 52-60.

17. Григорьев Ю.А., Баран О.И. Региональные сопоставления воспроизводства населения в Сибирском федеральном округе // Социально-гигиенические проблемы общественного здоровья и экологии человека на современном этапе. – Новокузнецк, 2009. – С. 42-47.

18. Григорьев Ю.А., Баран О.И. Тенденции воспроизводства населения в Сибирском федеральном округе за последние десятилетия // Фундаментальные и прикладные исследования в профилактической медицине. – Новокузнецк, 2015. – С. 27-32.

19. Григорьев Ю.А., Репин Е.Н., Баран О.И. Демографический переход и границы вмешательства государства в охрану здоровья населения // Общественное здоровье. Гигиена труда. Экология. – Новокузнецк, 2004. – С.16-21.

20. Как преодолеть отставание России по продолжительности жизни? // Демографическое обозрение. – 2015. – Т. 2, № 1. – С. 154-201.

21. Лещенко Я.А., Боева А.В., Гольцова Е.В., Григорьев Ю.А., Лещенко О.Я., Рогачева О.А. и др. Развитие человеческого потенциала Сибири: проблемы социального воспроизводства регионального сообщества. – Иркутск: Изд-во Оттиск, 2013. – 514 с.

22. Масленникова Г.Я., Бойцов С.А., Оганов Р.Г., Аксельрод С.В., Есин П.Е. Неинфекционные заболевания как глобальная проблема здравоохранения, роль ВОЗ в ее решении // Профилактическая медицина. – 2015. – Т. 18, № 1. – С. 9-13.

23. Честнов О.П., Куликов А.А. Неинфекционные заболевания как приоритет глобального здравоохранения // Профилактическая медицина. – 2013. – Т. 16, № 4. – С. 3-7.

24. Школьников В., Андреев Е., Макки М., Леон Д.А. Рост продолжительности жизни в России 2000-х годов // Демографическое обозрение. – 2014. – Т. 1, № 2. – С. 5-37.

УДК 614.11.4

М.Г. Жестикова[1], Л.В.Сытин[1], В.Е. Хомичева[2]

ОБЩЕСТВЕННОЕ ЗДОРОВЬЕ. ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ ОСНОВНЫХ ИНДИКАТОРОВ ОБЩЕСТВЕННОГО ЗДОРОВЬЯ В РОССИИ В ПОСЛЕДНИЕ 20 ЛЕТ

[1]ГБОУ ДПО Новокузнецкий государственный институт усовершенствования врачей, г. Новокузнецк

[2]ФГБОУ ВО Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

«Общественное здоровье – наука изучающая воздействие социальных условий и факторов внешней среды на здоровье населения с целью разработки профилактических мер по его улучшению и совершенствованию медицинской помощи населению».

«Общественное здоровье – это то без чего любое общество не сможет создавать материальные и духовные ценности. Это национальное богатство

общества». (Ю.П. Лисицын).

Общественное здоровье изучает состояние здоровья не отдельных людей, а человеческих коллективов, социальных групп и общества в целом.

Историю изучения взаимоотношений медицины и общества многие относят к середине XIX века, когда интенсивное развитие капиталистических отношений стали существенно влиять на состояние здоровья работающего населения.

Немецкий социал-гигиенист Рудольф Вирхов впервые отметил тесную связь между политикой и медициной. А Нойман ввёл в немецкую, а затем и мировую литературу понятие: «социальная медицина». Суть которой сводилась к тому, что изучение соотношения социального и биологического в человеке является ключом к пониманию природы его здоровья и его болезней. А умение правильно оценить эти биосоциальные взаимоотношения лежит в основе профилактики заболеваемости, травматизма и инвалидности.

По сути своей, анализ общественного здоровья направлен на выявление негативных явлений, которые отрицательно влияют на здоровье общества в целом. А основные показатели общественного здоровья – это индикаторы оценки эффективности проводимой государственной социальной политики.

Считается, что государство с развитой и стабильной экономикой, проводящее грамотную социальную политику, имеет чёткую зависимость с хорошими показателями общественного здоровья.

При организации Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) в 1948 году был провозглашён принцип «стремления к обладанию наивысшего достижения уровня здоровья, как одного из основных прав каждого человека».

Тогда же ВОЗ определило содержание понятия «здоровье». «Это состояние полного физического, духовного и социального благополучия, а не только отсутствие болезней и физических дефектов».

Общепринятыми показателями (индикаторами) общественного здоровья являются: Демографические показатели, показатели заболеваемости, инвалидности и физического развития.

Следует отметить, что не во всех странах это показатели одинаковы и сопоставимы.

В США используется модель «индекса статуса здоровья». Это совокупная оценка здоровья на определённый момент у людей проживающих на определённой территории в интервале от оптимального здоровья до максимальной болезни (или смерти). Суммарное состояние здоровья фиксируется точкой (на определённый момент), которые за определённый срок выстраивают график. По этому графику можно судить о динамике состояния здоровья и какие причины в тот или иной момент оказали определённое влияние на здоровье.

Всемирный банк в 1993 г. для оценки эффективности инвестиций в общественное здоровье предложил определять «глобальное бремя болезней» (ГББ).

Для оценки ГББ определялись соотношения финансовых затрат в здравоохранение к экономическим потерям, которые возникли от прекращения

трудовой деятельности вследствие болезней, инвалидности или смерти.

Ведущие экономисты и демографы СССР (Бедный М.С., Лисицын Ю.П., Аганбегян А.Г. и др.) в 70 – 80-е годы прошлого века единодушно утверждали, что уровень трудовой занятости населения в стране близок к предельно возможному. У государства нет и никогда не будет проблем с трудовыми ресурсами, тем более – безработицы.

Распад Советского Союза, коренные экономические и политические перемены в начале 90-х годов в одночасье высветили массу демографических проблем.

При переписи 1989 г. население СССР составляло 285 млн. человек. Развал «союза советских республик» привёл к уменьшению территории России на 24%, и сокращению численности населения почти на 49% (в 1992 г. население РФ составляло 148,51 млн. человек).

Закрылись тысячи предприятий, миллионы граждан России остались без работы. Всё чаще стали звучать слова «бедность» и «нищета».

А отечественное здравоохранение, которое было продуманным, развитым и доступным и которое мировое профессиональное сообщество считало чуть ли не эталоном, из-за бездумных реформ и безденежья тихо развалилось.

В стране появились проблемы с основными демографическими критериями: стала падать рождаемость, расти – смертность, ухудшились показатели здоровья, сократилась продолжительность жизни, стремительно увеличивалось число инвалидов.

Многие граждане РФ убеждены, что большинство социальным проблем напрямую были связаны с непродуманными реформами 90-х годов XX века.

Сегодня многие слышали о «демографическом кризисе» в России, что страна вымирает.

Многие политики и российская общественность убеждены в том, что каждая молодая женщина в стране желает иметь много детей. Но не у всех молодых семей есть надлежащие условия: нет своей квартиры, нет материального достатка. Изменим их в лучшую сторону и всё – проблема рождаемости решена. Демографы называют такую позицию «парадигма помех».

Во время всесоюзной переписи населения 1989 г. был в анкетах вопрос «о желаемом числе детей». Анализ миллионов ответов вывел «советскую женскую мечту». Никаких многодетных семей даже в мыслях не было. В среднем этот показатель составил 1,9 ребёнка на одну семью.

Специалисты считают, что для замещения поколений суммарный коэффициент рождаемости должен быть не менее 2,10 – 2,15 детей на одну женщину. Оптимальным этот коэффициент должен быть – 2,5 ребёнка.

В 50-е годы XX века рождаемость составила: в 1950 г. – 26,7 родившихся на 1000 населения; в 1959 г – 23,7. В 60-е годы рождаемость резко упала, т.к. в репродуктивный возраст пришло «военное поколение». В 1960 г. – рождаемость 23,3; в 1968 г. рождаемость снизилась до 14,1. В начале 70-х годов рождаемость составляла 14,4 на 1000 населения; к 1979 г. несколько выросла – до 15,8. В 80-е годы рост рождаемости продолжился: в 1980 г. – 15,9; в 1986 г.

отмечен пик отечественной рождаемости – 17,2, который затем стал уменьшаться: в 1989 г. – 15,8 на 1000 населения.

На 90-е годы прошлого столетия пришёлся «чёрный период» рождаемости. Она сократилась фактически вдвое: в 1990 г. – 15,9; в 1992 г. – 10,7; в 1995 г. – 9,3; в 1999 г. – 8,3.

Начало нового XXI века отметилось постепенным оживлением рождаемости: 2000 г. – 8,7; 2002 г. – 9,8; 2005 г. – 10,2; 2007 г. – 11,3; 2010 г. – 12,5; 2011 г. – 12,6 и 2012 г. – 13,3 на 1000 населения.

В среднем, в 90-е годы на одну женщину репродуктивного возраста приходилось 1,25 рождений. Постепенно этот показатель (с начала 2000-х годов) стал увеличиваться, и к 2012 году достиг 1,64 детей на одну женщину, а это катастрофически мало.

Многие считают, что решающим фактором в плохой рождаемости и массовом стремлении молодых к малодетным семьям лежит экономический фактор. И именно падение уровня доходов населения после развала «союза» привели в 90-е годы к «катастрофе рождаемости».

Изучение кризиса рождаемости в последние 20 лет выявили обратную зависимость между рождаемостью и уровнем благосостояния. Чем беднее семьи, тем больше в них детей. Парадокс? Оказывается нет. Именно семьи со скромным достатком планируют иметь 3-4-х детей.

Но несомненно, что материальное благополучие и нормальные жилищные условия молодой семьи являются залогом для образования многодетных семей.

Подтверждением того, что «экономический фактор» не является главным в высокой рождаемости, является ситуация в мире. В 64 странах (около 50% населения планеты) с развитой экономикой, хорошим качеством жизни у большинства населения – проблемы с рождаемостью одинаковы с Россией. И суммарный коэффициент рождаемости на одну женщину репродуктивного возраста примерно равный – 1,3 – 1,5. Хотя во всём мире понимают, что нужно иметь в среднем 2,25, а лучше 2,5 детей на каждую семью.

Демографические процессы одни, но в РФ они хуже. Среди 186 стран Россия занимает 8-е место среди стран с наименьшей рождаемостью и на 3-ем месте среди стран с наиболее низким уровнем естественного прироста населения.

Что обозначает понятие «естественный прирост населения». Это разница между рождаемостью и смертностью. И этот показатель может быть положительным, когда рождаемость выше смертности. И отрицательным, когда смертность превышает рождаемость. Тогда говорят об «естественной убыли» населения.

Характерным для ряда стран является демографический принцип: там где высокая смертность – высока и рождаемость. У нашей страны, как всегда, свои принципы, свой путь.

Посмотрим динамику смертности в СССР и России начиная с 50-х годов прошлого века.

В 50-е годы смертность на 1000 населения была: в 1950 г. – 10,0; в 1959 г. – 7,8. В 60-е годы: в 1960 г. – 7,4 и в 1969 г. – 8,5. В 70-е годы: 1970 г. – 8,7; в 1979 г. – 10,8. В 80-е годы: 1980 г. – 11,0; 1989 г. – 10,7. Практически за 40 лет второй половины XX века показатели смертности были достаточно стабильными (8,5 – 11,0 на 1000 населения) и в 1,5 – 2,0 раза ниже рождаемости (14,0 – 17,0). Худо или бедно, но страна в советский период имела ежегодный естественный прирост населения.

В 90-е годы вместе с экономико-политическими переменами произошли и резкие демографические сдвиги. В 1990 г. смертность на 1000 населения составляла 11,2; в 1992 г. – 12,2; в 1995 г. – 15,0; в 1999 г. – 14,7.

В 1992 году кривые графиков рождаемости и смертности пересеклись, т.е. прекратился естественный прирост населения страны. Этому феномену демографы присвоили название: «русский крест».

В 2000 г. смертность составила 15,4; в 2003 г. – 16,4; в 2005 г. – 16,1; в 2007 г. – 14,6; в 2009 г. – 14,2; в 2010 г. – 14,2; в 2011 г. – 13,5 и в 2012 г. – 13,3 на 1000 населения [1].

Таким образом мы видим, что естественный прирост населения в стране стал падать ещё в 1987 г., когда он составил 6,7; в 1989 г. – 3,9; в 1991 г. – 0,7. С 1992 г. естественный прирост в РФ прекратился. Началась эпоха «естественной убыли» за счёт превышения смертности над рождаемостью. В 1992 г. естественная убыль составила – минус 1,5; в 1995 г. – минус 5,7; в 1999 г. – минус 6,4; в 2000 г. – минус 6,7. С начала XXI века естественная убыль населения начала постепенно уменьшаться: 2001 г. – минус 6,5; 2005 г. – минус 5,9; 2008 г. – минус 2,5; 2010 г. – минус 1,7; 2011 г. – минус 0,9. В 2012 году наступил знаковый за последние 20 лет момент: показатели рождаемости и смертности (по 13,3) сравнялись.

Большинство аналитиков называют следующие основные причины высокой смертности: постоянный стресс и неуверенность в благополучии себя и семьи; плохая экология; бедность и недостаточное питание; недоступная качественная и бесплатная медицинская помощь; алкоголизм.

Мы убедились в том, что в России последние 20 лет на фоне низкой рождаемости была и остаётся высокая смертность. Ежегодная естественная убыль населения не могла не сказаться на численности населения Российской Федерации.

В 1989 году в РСФСР насчитывалось 147,4 млн. человек. В 1992 г. был достигнут максимум численности населения в России – 148,32 млн. человек.

Именно в этом (1992 г.) смертность превысила рождаемость и началась длительная полоса естественной убыли населения в РФ.

Демографы обозначают такую ситуацию термином – «депопуляция». Согласно демографического словаря ООН «депопуляция – это реальное или ожидаемое сокращение численности населения». Причин депопуляции может быть много: эпидемии, высокая смертность на фоне низкой рождаемости, войны, массовые эмиграции [2].

Однако понятие «депопуляция» следует использовать только в одном случае, когда численность численность населения сокращается в результате

естественной убыли.

В РФ в 1996 г. было 148,29 млн. человек, в 2000 г. – 146, 89 млн. человек, в 2005 г. – 143,47 млн. человек, в 2010 г. – 142,85 млн. человек, в 2011 г. – 142,86 млн. человек. С 2012 г. отмечено некоторое увеличение численности населения – до 143,05 млн. человек, в 2013 г. – 143,34 млн. человек. Начался период предполагаемого «равновесия» показателей рождаемости и смертности, что будет характеризоваться стабильной численностью в стране.

Демографы отметили интересный факт – внутреннюю миграцию. Если в Европейской части России сокращение жителей составило (- 0,5%), то в Азатской (- 8,7%). Наиболее интенсивная убыль населения была в Дальневосточном федеральном округе (- 16,8%) и Сибирском федеральном округе (- 5,7%). А в Южном федеральном округе был отмечен прирост населения на (+ 8,6%). В поисках более хорошей жизни народ потянулся в тёплые края.

С начала 2000-х годов впервые за всю историю страны удельный вес пожилых людей превысил удельный вес детей. Старение населения является весьма неблагоприятным прогностическим фактором, т.к. экономическая нагрузка возрастает на уменьшающее трудоспособное население.

Средняя продолжительность жизни в 1990 г. была 69,2 года; в 1995 г. – 64,5; в 1999 г. – 65,9 лет.

Причём, если средний возраст женщин 10 лет назад колебался в интервале 70 – 71 год, то у мужчин – 58 – 59 лет. Сегодня средний возраст мужчин – 66,4, женщин – 77 лет, для обоих полов приблизительно – 70,0 лет.

В РФ средняя продолжительность жизни меньше мирового уровня на 10 – 11 лет. В Японии – 82 года, Франция – 81,0 год, Китай – 80,45 лет. Россия в рейтинге по средней продолжительности жизни стоит на 129 месте.

На начало 2012 г. лиц старше пенсионного возраста было 32,4 млн. человек (22,7% от всего населения). Число лиц до 16 лет в 1979 г. в РСФСР составляло 31,97 млн.; в 2002 г. молодёжи стало22,6 млн. человек и 2012 г. – 23,57 млн. человек.

Ожидаемая продолжительность жизни (ОПЖ) в 1990 г. составляла – 69,2 лет, 1992 г. – 67,8 лет, 1995 г. – 64,5 лет, в 1999 г. – 65,9 лет, в 2008 г. – 67,8 лет, 2010 г. – 68,9 лет.

По краткосрочному прогнозу Минтруда России, опубликованного в декабре 2013 г., на фоне увеличения числа населения в РФ до 144,1 млн. чел (в 2016 г.), численность трудоспособного населения сократится на 4 млн. человек и в 2016 г. составит 82,6 млн. человек. А численность занятых в экономике (работающих) сократится на 1,2 млн. человек (с 68,0 млн. человек в 2012 г. до 66,8 млн. человек в 2016 г.). Работающие 46 – 47% от всего населения уже сегодня кормят 53 – 54% детей, пожилых людей и инвалидов [3].

Предполагается, что напряжённая ситуация с трудовыми ресурсами в стране будет смягчена увеличением числа работающих пенсионеров по возрасту (в 2016 г. до 11%) и ростом иностранных мигрантов (до 3,2% в 2016 г.).

Учитывая, что в 2013 г. в РФ было 42,0 млн. (34%) пенсионеров и 17%

детей до 15-и лет, вполне очевидно, что экономическая нагрузка на работающее население (66 – 67 млн. человек) скоро станет непосильной.

Белобородов И.И. (2011 г.) считает, что за 18 лет (с 1992 по 2010 г.г.) естественная убыль населения России составила 13,1 млн. человек, которая частично (на 6,4 млн.) компенсировалась миграционным притоком.

Основной причиной депопуляции считается неблагоприятная демография идущая с советских времён, которая в последние 20 лет усугубилась социально-этическими факторами. К которым относятся: массовая психологическая депрессия, деградация морали (внебрачное сожительство, рост числа разводов – 60% браков распадаются), кризис института семьи (нежелание иметь более 1 – 2-х детей), идейно-духовное опустошение молодого поколения (приоритет зарубежных образцов семейной и репродуктивной модели над российскими).

Второй проблемой демографического кризиса специалисты называют – социально-экономическую. В основе которой лежат многолетние экономические реформы без видимых положительных результатов (бедность и низкое качество жизни у 40-50% населения страны).

Многие считают одной из главных причин депопуляции – медицинский фактор. Который объединяет проблемы слабого здравоохранения – высокую заболеваемость и смертность трудоспособного населения, рост наркомании, алкоголизации, туберкулёза, дорожно-транспортного травматизма.

Модернизация здравоохранения, осуществляемая в 2009 – 2013 годы, улучшило материально-техническую базу лечебных учреждений. Однако в отечественном здравоохранении остаётся масса нерешённых проблем, что негативно сказывается на заболеваемости, травматизме и инвалидности населения страны.

Фактически отсутствует государственная система реабилитации больных и инвалидов.

Демографический кризис в ближайшие 25 лет существенно не изменится. Проблемы с работающим населением будут продолжаться ещё многие годы. В стране сегодня более 14 млн. инвалидов и около 42 млн. пенсионеров по возрасту и детей.

Вполне естественно, что возросло внимание руководства страны и министерства здравоохранения к проблеме реабилитации [4].

В мировой практике давно уже считается общепринятым тезис: «Обязательного преимущества реабилитации перед пенсией». И давно доказано, что затраты на реабилитацию – это не безвозвратно потерянные инвестиции. Они быстро возвращаются после завершения комплексной реабилитации и восстановления трудоспособности больных и инвалидов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1.Анохин П.К. Общие принципы компенсации нарушенных функций и их физиологическое обоснование. — М.: Медицина, 1977.

2. Анохин П.К. Очерки по физиологии функциональных систем. АМН СССР - М.: Медицина, 1975.-448 с.

3. Миненков В.А., Шмидт И.Р., Зорькин И.И. Показания к дифференцированному применению гипнотерапии и иглотерапии при неврозах, неврозоподобных и вегетативных синдромах. Сб. Первая клиническая здравоохранению России. - Новjкузнецк, 1999. - С. 146 - 148.

4. Зинченко В.П. Психологическая педагогика. Ч. 1. Живое знание. 2-е изд. - Самара, 1998.

УДК 615.851:174-057.16

В.А. Миненков[1], М.Г. Жестикова[1], В.Е. Хомичева[2]

ДЕОНТОЛОГИЯ ПРИ ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ

[1]ГБОУ ДПО Новокузнецкий государственный институт усовершенствования врачей, г. Новокузнецк

[2]ФГБОУ ВО Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

Введение

Психолог, практически занимающийся консультированием, психодиагностикой, в том числе для решения вопросов психологической реабилитации, может во время своей работы оказаться в различных деонтологических ситуациях, т.е. вступить во взаимодействие с различными категориями обратившихся к нему. Причём, это взаимодействие (создавая систему) включает:

Рисунок 1 – Система взаимодействия психолога при психодиагностики

I. Деонтологическая ситуация.

«Истинные» клиенты - это обратившиеся индивиды являющиеся соматически, неврологически и психически здоровыми. Тем не менее у них могут иметь место различные психологические проблемы с которыми они не могут (или им трудно, или им кажется что не могут) справиться самостоятельно[1].

П. Деонтологическая ситуация. Клиенты здоровые неврологически, психически, но с соматическими заболеваниями, т.е. для психолога - это клиенты, для соматических же врачей - пациенты. И психологические проблемы у них могут быть как и у "истинных" клиентов, т.е. не имеющие отношения к соматическим заболеваниям, либо психологические проблемы могут быть обусловлены как раз соматическими заболеваниями. Тогда могут иметь место личностные реакции на болезнь, субкомпенсация личностных особенностей, реактивные состояния, психопатические, невротические реакции, даже предневротические состояния и др. Таким клиентам психологическая помощь оказывается психологом одновременно с лечением соматического заболевания лечащим врачом [2].

III. Деонтологичеекая ситуация. «Мнимые клиенты» - скрывающие своё заболевание, чаще всего психическое, или не считающие себя психически больными (агнозия) в силу некритичности к проявлениям своего заболевания. Таких "клиентов" психолог должен направить на консультацию к психиатру.

IV. Деонтологичеекая ситуация. Вторая категория «мнимых клиентов»- это обратившиеся к психологу больные, страдающие органическим заболеванием ЦНС с нарушением критики в отношении своей болезни (анозогнозия) ш также считающие свои проблемы чисто психологическими. Таких "мнимых клиентов" психолог должен направить на консультацию невролога с возможным последующим проведение нейропсихологического исследования [3].

V. Деонтологичеекая ситуация. «Клиенты»- дети, подростки, юноши, иногда и взрослые (таких как правило приводят родители) с проблемами обучения или поведения. Причём родители считают, что это проблемы психологические ("плохие учителя в школе" - это они повинны, что их ребёнок плохо учится, не желает ходить в школу, прогуливает целыми днями и т.д.). На самом деле у таких обратившихся на консультацию к психологу в анамнезе (по медицинским документам) выявляется ПЭП, родовая ЧМТ, НСК на уровне С отдела V с тетрапарезом, признаки дизонтогенеза, позже ММД, ЗРР, ЗПРР, ЗПР. Психиатры им пишут: «органическое поражение ЦНС с нарушением когнитивных функций». У них до 6 - 7 - 10 лет отмечался энурез, снохождение, сноговорение, позже - невротические, психопатические реакции, психофизический инфантилизм и т.д. Но родители, как правило, на это не обращали и не обращают внимания, предпочитая обвинять учителей школы, друг друга в разных подходах при воспитании такого ребёнка и т.д. Как правило таких «клиентов» психолог должен направить к детскому неврологу, психоневрологу и при необходимости провести нейропсихологическое исследование [4].

VI. Деонтологичеекая ситуация. Особую категорию среди обратившихся к психологу и считающих, что он может и должен помочь им, будут составлять пациенты - инвалиды, у которых могут быть проблемы как и у здоровых людей. Чаще же у них будут проблемы специфического характера обусловленные выраженностью заболевания, типом течения болезни (регрессирующее, прогрессирующее, рецидивирующее), характером

нарушений, степенью инвалидностью (III, II, I группы), их установкой и отношением к инвалидности (в т.ч. юридически корректная или юридически некорректная). Нередко проблемы будут и так сказать общечеловеческими (т.е. как и у здоровых) + проблемы обусловленные заболеванием и инвалидностью, т.е. будет иметь место сочетание этих групп проблем, что и делает их более сложными в работе психолога, клинического психолога. К тому же именно среди этой категории и будут находиться нуждающиеся в медицинской реабилитации вообще и нейропсихологической, психологической в том числе.

К психологу люди идут более охотно, чем к психотерапевту, психиатру. Психолог сразу может оказаться на такой работе (должности), где к нему будут обращаться все эти категории. Психолог, научившись выявлять (диагностировать) «истинных» клиентов, приобретает опыт работы со здоровыми людьми и разнообразием особенностей их поведения, всё же отличающих их от проблем прочих «клиентов», что поможет ему оценивать их состояния, делать более правильные заключения, давать более правильные рекомендации, а также предохранит от ненужных конфликтов, позволит избежать возможных различных, даже противоправных действий таких «клиентов»- особенно психически больных. Другими словами, учёт особенностей вышеперечисленных деонтологических ситуаций позволит психологу вести себя наилучшим образом в каждой из них [5].

Психолог, занимаясь такими обратившимися к нему на консультацию, совершенно очевидно, должен решать их проблемы по разному - самостоятельно, с помощью соматического врача, с помощью невролога, психиатра, нейропсихолога, клинического психолога, экспертов БМСЭ, а также взаимодействуя с близкими и родственниками консультируемых [6].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ермаков В.В., Косырев И.О. Лисицын Ю.П., Сыченков И.А. Врачебная этика и деонтология в медицинском вузе // М., 1974 г.
2. Воловик В.М., Вид В.Д. "Психологическая защита" как механизм компенсации и её значение в психотерапии больных шизофренией. - В кн.: Психологические проблемы психогигиены, психопрофилактики и медицинской деонтологии // Л., 1976 г. - с. 26 - 28.
3. Кабанов М.М., Личко А.Е., Смирнов В.М. Методы психологической диагностики и коррекции в клинике // Л.: Медицина, 1983 г.- 312 с.
4. Лакосина Н.Д., Ушаков Г.К. Медицинская психология. Учебное пособие для студентов медицинских институтов // М.: Медицина, 1984 г. - 272с.
5. Гран до А. А. Врачебная этика и медицинская деонтология // Киев: Вища школа, 1982 г. - 87 с.
6. Медицинская этика и деонтология. Под ред. Морозова Г.В., Царегородцева Г.И. // М., 1983 г. - 272 с.

УДК 004.9+902,1+930.1+303.05

Ю.П.Холюшкин[1], Е.Е.Витяев[2], В.В.Мартынович[3]

О НЕКОТОРЫХ ПОДХОДАХ К ПОИСКУ СТРАТЕГИЙ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУР ЦИТИРОВАНИЯ (на примере новой археологии)

[1] Государственная публичная научно-техническая библиотека СО РАН, г. Новосибирск
[2] Институт математики СО РАН, г. Новосибирск
[3] Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск

Анализ цитирования представляет собой один из библиометрических методов в исследовании науки, который использует ссылки, представленные в научных работах и позволяющий выявить порождение структуры нового в сетях цитирования. Подобный творческий формализм исследовался Ю.Гарфилдом, Дж. Прайсом, Т.Куном и др. В этих исследованиях, которые реализуются близкими путями, нет до сих пор терминологического единства. Бернал, например, говорит о «рамке» и цитирования в «валюте» научной информации, Кун – о «парадигмах» и «революциях», Прайс о потенции цитирования [1].

Цитирование в науке должно отражать следующие смысловые компоненты: 1. Когнитивную связь между научными публикациями; 2. Инструмент для поиска научной литературы; 3. Моральную необходимость ссылки на работы предшественников; 4. Меру оценки научного уровня работ (проблема качественного цитирования); 5. Выявления структуры научного знания (картографии науки) и т.д.

Структуры современных баз данных позволяют использовать лишь достаточно тонкие количественные показатели цитирования в исследовании науки, игнорируя качественные показатели. Достаточно ярким примером для количественного анализа могут служить базы данных *Journal Citation Reports* и показатели, введенные для оценки журналов, как *Impact factor* и *ImmediacyIndex.* Эти показатели предназначены для оценки продуктивности и научной популярности, т.е. степени цитированности журнала научным сообществом. Эти показатели стали широко использоваться в мировой библиотечной и информационной практике (например, при отборе (подписки или отказе от неё) журналов в фонды библиотек по различным отраслям науки). Следует отметить, что в ряде государств, в частности в России, эти показатели пытаются использовать для качественной оценки учёных, что является недопустимой ошибкой, поскольку в настоящее время наиболее спорным является вопрос об использовании статистики цитирования для оценки потенциала учёного. При этом

возникает и стремление отдельных учёных искусственно завышать показатели цитирования собственных работ (своеобразная игра в «цифирь»). Поэтому требуются иные подходы и требования к разработке критериев качественного цитирования, измерения тесноты связей научных школ и характеристик так называемых «незримых колледжей».

В российской археологии первым использовал в практической плоскости метод цитирования Л.С. Клейн, правда, опубликовал результаты анализа лишь спустя 30 лет [2, с. 73-78] (Таблица 1). Л.С.Клейн попытался выявить верхушку контингента «новых археологов» и выявить в ней неформальную иерархию – градацию авторитетности и популярности личности в своей среде.

В результате проведенного Л.С.Клейном анализа, две трети всех ссылок на Д. Кларка оказываются в составленном им самим сборнике «Models in Archaeology». Эти ссылки отражают подбор близких ему авторов, и их внимание к составителю, и его тематике. Бинфорда же почитают во всех сборниках [2, с. 75-76]. В результате анализа публикаций течения новых археологов, Л.С. Клейном были выявлены два лидера — Л. Бинфорд и Д. Кларк, на значительном расстоянии от них – все остальные, из которых, однако, более других популярны лидеры обособляющихся течений: Флэннери («серутанское» течение), Дитц («археология поселений» – вообще не принадлежащая к новой археологии) и Хилл (гемпелианцы) [2, с. 76].

Такой способ подсчета имеет свои недостатки, поскольку не учитывает количество постраничных ссылок в статье и не отражает взаимосвязь ссылок авторов одного и того же сообщества учёных друг на друга.

Таблица 1- Ранжированные списки «новых археологов» по показателям цитированности [2, с. 75]

Места	Авторы	Ссылки	Места	Авторы	Ссылки
1	Л.Бинфорд	183	11	Плог	25
2	Д.Кларк	127	12	Редмэн	19
3	Дитц	78	13	Сэкет	29
4	Флэннери	75	14	Айзек	17
5	Хилл	57	15	ЛеБланк	17
6	С.Бинфорд	55	16	Доран	16
7	Лонгакр	47	17	Лион	13
8	Дж.Фриц	32	18	Мартин	12
9	Ренфру	30	19	Стрювер	13
10	П.Уотсон	30	20	Уоллон	11

Следуя за идеями, изложенными в работе Л.С. Клейна, мы решили проверить его гипотезу о трех теоретических направлениях течения «новой археологии, на основе данных о взаимном цитировании представителей этой школы. За основу была взят таблица с количеством постраничных ссылок одного автора (указанного в строке таблицы) на другого (колонка таблицы) (Рис.2).

План разработки следующий:

1) Стратегия bib.rs получает на вход таблицу (frame) перекрестных ссылок. Для выявления скрытой структуры такой взаимосвязи потребовалась

выявление постраничных ссылок авторов и соответствующее преобразование исходных данных (Рис.2), в таблицу взаимных ссылок (Рис.1);

2) На полной таблице мы произвели дискриминантный анализ, целью которого является различение (дискриминация) двух или более совокупностей (групп) объектов путем принятия решения о том, какие переменные (или линейные комбинации переменных) позволяют это сделать наилучшим образом. При этом создаётся таблица с возможностью выделения кластеров;

3) Строится точечный график, которые показал бы распределение объектов (авторов) в пространстве выделенных факторных нагрузок;

4) Анализируем график визуально, убеждаясь в качестве дискриминантного анализа;

5) Проводим повторный анализ с помощью нейронных сетей;

6) Сравниваем качество предсказанных нейронными сетями классов и теоретически выделенных классов.

Схема стратегии Bib.rs представлена на рисунке 1.

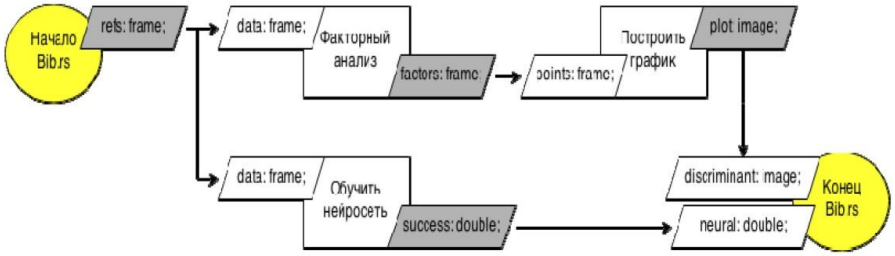


Рисунок 1- Схема стратегии Bib.rs

#	Автор	Класс	Бинфорд	Хилл	Фриц	Плог	Уотсон	ЛеБланк	Редмен	Уоллон	Стрювер	Лион	Лонгакр	Мартин	Айзек	Доран	Кларк_Д.	Фленнери	Ренфру	Дитц	Рауз
1	Бинфорд	1	82	38	12	6	5	1	2	10	3	5	2	6	9	0	34	3	24	0	2
2	Хилл	1	3	39	4	16	1	0	2	0	1	1	0	1	0	0	2	0	2	0	0
3	Фриц	1	0	12	5	0	3	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0
4	Плог	1	0	4	10	1	3	0	1	0	0	0	0	1	0	1	5	1	0	0	0
5	Уотсон	1	3	2	2	0	21	2	4	0	5	0	2	0	0	0	4	5	0	0	3
6	ЛеБланк	1	0	2	2	0	8	0	3	0	4	0	1	0	0	0	4	4	3	0	2
7	Редмен	1	0	2	2	0	10	1	4	0	4	0	1	0	0	0	4	4	2	0	3
8	Уоллон	1	2	8	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0
9	Стрювер	1	2	1	1	0	0	0	1	0	2	0	0	0	3	0	1	0	1	0	0
10	Лион	1	0	0	6	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0
11	Лонгакр	1	4	12	4	12	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	10	1	1	0	0
12	Мартин	1	1	1	5	15	3	0	0	0	0	0	0	6	0	0	4	0	2	0	0
13	Айзек	2	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	8	0	4	0	0	0	0
14	Доран	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	17	0	1	0	0
15	Кларк_Д.	2	8	7	1	5	1	0	0	0	1	0	2	0	3	3	138	5	6	0	1
16	Фленнери	3	6	2	2	1	1	0	2	1	0	3	0	0	0	0	3	17	27	0	4
17	Ренфру	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	8	0	8	0	0
18	Дитц	1	13	8	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	9	2	1	0	0
19	Рауз	1	12	57	1	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	1	5	1	0	0	0

Рисунок 2 - Исходные данные для стратегии Bib.rs

Для дискриминантного анализа был применен уже готовый метод из системы public/Clustering/factor.r.

Его результат (factors: frame) был передан следующему методу для отрисовки графика:

```
data<- input$data;
90 now<-format(Sys.time(), "%b%d%H%M%S");
plotFile<- paste("plot", "-", now, ".png", sep="");
png(filename=plotFile);
plot(data);
dev.off();
result<- list(plot=plotFile);
```

Метод plot.r строит график по переданному ему набору точек и отдает на выход имя графического файла, содержащего этот график (Рисунок 3).

На этапе дискриминантного анализа была получена следующая картина:

1. На диаграмме в верхнем правом углу расположились представители «серутанского» течения новой археологии, представленное двумя исследователями: К. Ренфрю и К. Фленнери, предложивших на основе идеи Берталанфи, перейти от частных корреляций к рассмотрению целостных систем [2, с. 67].

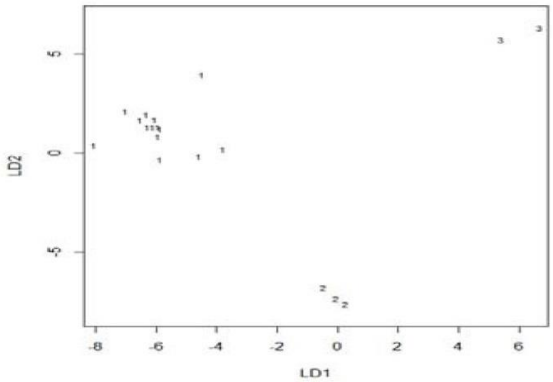


Рисунок 3 - Диаграмма распределения течений новых археологов

2. В левой средней части рисунка 3 нашла свое место группировка из 19 представителей последователей лидера новой археологии Л.Бинфорда . В этой группировке представлены: ученик и верный последователь Л. Бинфорда Дж. Хилл. За ними следуют Фриц и Плог – представители второй волны бинфордианцев. Затем тройка соавторов Пэтти Джо Уотсон, С. ЛеБланк и Ч. Редмен. В основе теоретических положений этой группы лежит схема установления законов Поппера-Гемпеля-Нагеля. В этой же группировке представлен Д. Дитц – представитель археологии поселений, который благодаря применению количественных методов временно приобщился к движению новых археологов [2, с 61]. Так Уилли и Саблоф полагали, что «Дитц заслуживает признания в качестве независимого пионера «новой археологии», отдельно от группы Чикагского университета с её лидером Л. Бинфордом [2, с. 15].

3. В нижней части рис.3 резко выделилась группа аналитиков (Доран, Айзек и Кларк). Главным представителем этого направления являлся Д. Кларк со своей «Аналитической археологией» [3]. В отличие от Бинфорда, он

обратился к методам математической статистики, предусматривающим наличие случайности в культурно-историческом процессе.

Таким образом, диаграмма распределения классов на основе дискриминантного анализа показывает полное соответствие предсказанных классов с классами теоретическими и дискриминантный анализ оказывается в состоянии построить адекватную классификацию теоретических направлений в науке, несмотря на отсутствие качественных характеристик цитирования. Казалось, что на этом и следовало бы остановиться.

Однако мы попытались сравнить полученные результаты с нелинейными по своей природе моделями, построенными на основе нейронных сетей (рис. 4).

Как видно из таблицы (Рис.4), нейронные сети достаточно плохо справляются с задачей предсказания на таком маленьком числе объектов. Путем оптимизации параметров архитектуры нейронной сети максимально чего удается достичь – это точность порядка 84%.

№	ФИО	Класс	Предсказан
1	Бинфорд	1	0.999997952874647
2	Хилл	1	1.00000796170678
3	Фриц	1	0.999999224949336
4	Плог	1	1.00000126993826
5	Уотсон	1	1.00000240437115
6	ЛеБланк	1	1.1428617571298
7	Редмен	1	0.898387496256107
8	Уоллон	1	0.999999990535727
9	Стрювер	1	1.00007883885016
10	Лион	1	0.999998937039829
11	Лонгакр	1	1.00000331525203
12	Мартин	1	1.0000153224157
13	Айзек	2	2.99997450346346
14	Доран	2	2.33332762107386
15	Кларк_Д.	2	2.90605050434245
16	Фленнери	3	0.999999717794561
17	Ренфру	3	2.99719792711429
18	Дитц	1	1.01162032166752
19	Рауз	1	1.00000031978014

Рисунок 4 - Результат метода neural_nets.r

Сам метод выглядит следующим образом:

```
library("neuralnet");
options(stringsAsFactors=FALSE);
tr.in.init<-  input;
tr.out.init<- input[target];
tr.n<- setdiff(colnames(tr.in), c(target));
f <- as.formula(paste(target, '~', paste(tr.n, collapse =
'+')));
result<-
data.frame(id=character(0),exp=integer(0),n=integer(0));
```

```
 for (control in 1:nrow(input)) {
  tr.in <-  tr.in.init[-control,];
tr.out<- tr.out.init[-control,];
neuro<- neuralnet(f, data=tr.in, hidden=3, threshold=0.0001)
testdata<- tr.in.init[control,-c('Class'];
tr.predict<- compute(neuro, testdata) #Run
  net.res <- list(
id=input[control,'Name'],
exp=input[control,'Class'],
n=tr.predict$net.result);
result<- rbind(result, net.res);
}
```

Алгоритм достаточно прост: из выборки выкидывается один объект, а для остальных строится модель на основе нейронной сети. Затем, для исключенного объекта выполняется предсказание на основе полученной модели. Иначе говоря, выполняется скользящий контроль.

Результаты всех шагов сводятся в единую таблицу, которая дана выше как Рисунок 4.

Заключение

Таким образом, на основании проведенных исследований удалось получить удовлетворительные результаты. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности использования анализа цитирования для решения научных проблем в науке, в частности в археологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петров М.К.Философские проблемы «науки о науке» Предмет социологии науки. – М.: Российская политическая энциклопедия, 2006. -624 с.
2. Клейн Л.С. Новая археология. – Донецк: ДОНУ, 2009: 393 с.
3. Clarke D.L. Analitical archaeology. – London: Methuen, 1968: 684 p.

УДК 364.01

Е.Г. Лашкова

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРАКТИКИ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ «РЕКЛАМА И СВЯЗИ С ОБЩЕСТВЕННОСТЬЮ

ФГБОУ ВО Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

С 2001 года в Сибирской государственном индустриальном университете реализуется подготовка специалистов по образовательной программе высшего профессионального образования 032401 Реклама, а с с 2011 г после выхода новых Государственных образовательных стандартов по направлению подготовки 42.03.01 Реклама и связи с общественностью (квалификация –

бакалавр) и 42.04.01 Реклама и связи с общественностью (квалификация – магистр). С точки зрения процесса организации производственной практики подготовка обучающихся по данным направлениям подготовки имеет свою специфику.

В СибГИУ достаточно хорошо поставлена и организована практика студентов металлургического и горного профиля, что и не удивительно, в течение 70 лет университет специализировался в подготовке специалистов именно для этих отраслей промышленности. Кроме того, большинство предприятий металлургической и горной промышленности относятся к сфере крупного бизнеса и являются предприятиями непрерывного цикла.

Обучающиеся по направлению подготовки «Реклама и связи с общественностью» проходят практику обычно на предприятиях малого и среднего бизнеса, это или рекламные агентства, или фирмы, специализирующиеся на оказании различного рода услуг населению города и области. Деятельность рекламных агентств сопряжена с сезонными колебаниями. Летом, когда согласно учебному плану необходимо организовывать практику, рекламные организации не в состоянии принимать обучающихся , т.к. нет возможности предоставить рабочее место и реальную деятельность. Поэтому для обучающихся по данному направлению подготовки возникла необходимость организовывать практику в течение всего учебного года, по мере необходимости и имеющихся вакантных мест в той или иной организации.

Разброс должностей и специальностей, на которые берут обучающихся достаточно широкий, но в любом случае, это освоение одной из специальностей рекламной деятельности, студенты работают в организациях на рабочих местах в качестве менеджера по рекламе, рекламного агента, клиент-менеджера, копирайтера, дизайнера, промоутера, анкетера, мерчандайзера и т.д. Такое разнообразие различных профессий связано с тем, что рекламные агентства и фирмы нашего города специализируются в различных сферах рекламного бизнеса и им требуются специалисты и работники для решения специфических задач.

Другой сложностью практической подготовки студентов направления подготовки «Реклама и связи с общественностью» является тот факт, что достаточно непросто выдерживать сроки проведения практики согласно учебному плану. Для организации, принимающей студента-практиканта важно, чтобы он не отработал на учебном рабочем месте определенной промежуток времени, а выполнил конкретную задачу, стоящую перед агентством, а задачи могут потребовать больше или меньше времени, чем это предусмотрено учебным планом. Поэтому характер прохождения практики (ознакомительная или производственная) определяется зачастую не сроками, а сложностью задач, которые должен решить студент после определенного курса обучения.

Поэтому перед началом практики студент-практикант получает индивидуальное задание, специально спроектированное в зависимости от курса обучения, конкретной должности, рабочего вакантного места, стоящей задачи в определенной организации. В качестве индивидуального задания может

выступать: разработка логотипа, проведение анкетирования, проведение рекламных и маркетинговых исследований, работа по договорам с рекламодателями рекламного агентства, разработка медиаплана, проведение промакций, разработка и проведение рекламных мероприятий, разработка фирменного стиля, написание рекламных текстов, разработка рекламной стратегии для конкретного предприятия и т.д.

Рекламный бизнес и рекламная деятельность в нашей стране, несмотря на достаточно длительный срок существования, еще до сих пор не в полной мере сформировал требования к профессиям и должностям, существующим в рекламных организациях, отсутствуют стандартизированные квалификационные требования. Профессиональная модель специалиста в области рекламы и связей с общественностью находится в стадии становления и разработки. Порой штатным работникам предприятий рекламной индустрии присваивается какая-либо квалификация и соответственно заработная плата исходя из субъективных предпосылок, политики компании, особенностей внешней конкурентной среды и т.д. Кроме того, как уже было сказано выше, практически все предприятия-базы практики студентов направления подготовки «Реклама и связи с общественностью» – это организации малого и среднего бизнеса, имеющие свою специфику. Зачастую они принимают на практику не более 3-5 человек одновременно, а иногда и вообще только одного студента на определенный срок под решение конкретной задачи на конкретной вакантной должности. Поэтому на данный момент не представляется возможным присваивать какую-либо единую квалификацию студенту – практиканту по окончании того или иного вида производственной практики.

Итак, несмотря на сложности, существующие при организации производственной практики обучающегося гуманитарного профиля по направлению подготовки «Реклама и связи с общественностью», они достаточно успешно решаются за счет гибкости, учета внешней среды и индивидуального подхода к запросам работодателей и студентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лашкова Е.Г. Бизнес-образование в системе высшей школы: возможности и проблемы / Социальное развитие современного российского общества: достижения, проблемы, перспективы: сборник научных трудов/ сост. В.Ф.Соколова, Е.А.Берецкая, М.А.Соколова; под общ. ред. В.Ф.Соколовой. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2012. - С.100-104.

2. Федотова Л.Н., Лашкова Е.Г. Новая парадигма образования в области рекламы и связей с общественностью / Материалы 7-й международной научно-практической конференции, Прага 2011 г. С.20-27.

3. Федотова Л.Н., Лашкова Е.Г Наработки для новой парадигмы образования в области рекламы и связей с общественностью /«14-я Всероссийская конференция кафедры рекламы, связей с общественностью и смежных дисциплин»: Сборник материалов – М.: Издательство ИМА-пресс. 2011 – С.57-67

УДК 550.823

Генезис коллекторов нефти кристаллического фундамента месторождения Белый Тигр / Исаев В.И., Бинь Н.Х. // Вестник РАЕН (ЗСО). – 2016. – № 19. – С. 9.

Анализ тектоники и петротипов пород кристаллического фундамента нефтяного месторождения Белый Тигр (шельф Южного Вьетнама) и данных каротажа 165 скважин выявил тектонические и эпигенетические факторы образования и интенсивности вторичной пустотности в коллекторах фундамента. Изучение порового пространства пород-коллекторов методами ГИС основано, главным образом, на акустических и электрических характеристиках матричной пористости, трещин и каверн. Выявлена устойчивая закономерность изменения (уменьшения) пористости с глубиной. Эта закономерность наблюдается по всем выделенным геологическим блокам. Главным фактором, обуславливающим образование вторичной пористости в породах фундамента, является тектоническим, который с глубиной уменьшает свое влияние. Наибольшее влияние тектонического фактора сказывается на породах Центрального и Северного блоков, непосредственно прилегающих к эпицентру олигоценового тектонического сжатия. Важным фактором, обуславливающим характер распределения пористости, является распределение петротипов пород, с чем связана направленность и интенсивность вторичных изменений пород-коллекторов. Для пород-коллекторов фундамента Центрального и Северного блоков установлены значимые зависимости удельного дебита от вторичной пористости, определяемой по данным каротажа.
Рис. 10. Библ. 10.

Analysis of the tectonics and petrotypes crystalline basement rocks deposit White Tiger (shelf Southern Vietnam) and data logging 165 wells identified tectonic and epigenetic factors and the intensity of the secondary education of interstices in collectors of the foundation. The study of the pore space of reservoir rocks WL methods techniques based mainly on acoustic and electric characteristics of the matrix porosites, fractures and cavities. A stable pattern of change (decrease) of porosity with depth is revealed. This pattern is observed in all selected geological units. The main factor that contributes to the formation of secondary porosity in the basement rocks is tectonic, which reduces the depth of its influence. The greatest influence of tectonic factors affecting the rocks of the Central and Northern blocks immediately adjacent to the epicenter of the Oligocene tectonic compression. An important factor that contributes to the character of the porosity distribution is the distribution petrotypes rocks, what is connected with the direction and intensity of the secondary changes of reservoir rocks. For the reservoir rocks of the foundation of the Central and Northern blocks established significant dependence of the specific yield of the secondary porosity determined from data well logging. Fig. 10. Ref. 10.

УДК 553.98 (571.1)

Нефтеносность палеозойского фундамента и коры выветривания Усть-Тымской мегавпадины (по данным геотермии и бурения) / Исаев В.И., Лобова Г.А., Лунева Т.Е. // Вестник РАЕН (ЗСО). – 2016. – № 19. – С. 23.

По результатам моделирования термической истории нефтематеринских нижнеюрских тогурских отложений, картирования плотности ресурсов генерированных нефтей, с учетом распределения толщин коры выветривания и распространения петротипов пород и тектонических нарушений палеозойского фундамента, предложены первоочередное районы для поисков и освоения доюрского нефтегазоносного комплекса Усть-Тымской мегавпадины. Рис. 5. Библ. 5.

By results of modeling the thermal history of the Lower Jurassic oil source TOGUR sediments, mapping the density of petroleum resources of the generated, taking into account the distribution of thickness of the weathering crust and spread petrotypes rocks and Paleozoic basement tectonic disturbances, proposed by priority areas for exploration and development of oil and gas complex of the pre-Jurassic Ust-Tym megadepression. Fig. 5. Ref. 5.

УДК 553.98 (571.1)

Сланцевая нефтеносность баженовской свиты Томской области / Исаев В.И., Илларионова Л.В., Исаева О.С., Кокорина М.С. // Вестник РАЕН (ЗСО). – 2016. – № 19. – С. 30.

Принято, что основные объемы сланцевой (аккумулированной in situ) нефти локализуются там, где материнские отложения находятся/находились в главной зоне нефтеобразования. Приведены результаты впервые выполненного районирования баженовской свиты Нюрольской и Усть-Тымской мегавпадин по плотности ресурсов сланцевой нефти. В основе районирования лежит метод палеотемпературного моделирования. Рис. 5. Библ. 7.

It is assumed that the main volume the oil shale (accumulated in situ) of oil are located where maternal deposits are / were in the main zone of oil. The results for the first time made zoning Bazhenov suite Nurol’ka and Ust-Tym megadepression density of shale oil resources. The method is based on the zoning of the paleotemperature modeling. Fig. 5. Ref. 7.

УДК 538.982.23.05

Трудноизвлекаемые нефти и анализ их свойств на основе классификации по качеству нефти / Ященко И.Г., Полищук Ю.М. // Вестник РАЕН (ЗСО). – 2016. – № 19. – С. 37.

На основе анализа и обобщения литературных данных представлена типизация трудноизвлекаемых нефтей, рассматриваемых в качестве основной базы прироста мировой нефтедобычи в среднесрочной перспективе ввиду истощения запасов легкодоступных нефтей. Рассмотрена классификация типов трудноизвлекаемых нефтей по индексу качества. Изучена география залегания трудноизвлекаемых нефтей разных классов качества – от низкого до высокого. Приведена для иллюстрации карта-схема планетарного размещения трудноизвлекаемых нефтей высокого качества. Рис.1.Табл. 2. Библ. 10.

Based on the analysis of the literature data presented typing of hard-to-recover oils, considered to be the main base of growth of world oil production in the medium term due to the depletion of easily accessible oils. The classification of types of hard-to-recover oils is presented on base of quality index. Geography of occurrence of hard-to-

recover oils of different quality classes - from low to high - was studied. For illustration, the schematic map of the planetary placement of hard-to-recover oils of high quality was presented. Fig. 10. Tab. 2. Ref. 10.

УДК 553.982(571.13)

К вопросу о нефтегазоносности омской области / Ростовцев В.В, Ростовцев В.Н. // Вестник РАЕН (ЗСО). – 2016. – № 19. – С. 45.

УДК 681.518

Повышение эффективности работы компаний нефтегазового копмлекса путем разработки профессиональных компетенций для функциональных блоков: геология, разработка месторождений, бурение. Дмитриев А.Ю., Воробьева Л.В., Малышев В.В., Худяков Д.В. // Вестник РАЕН (ЗСО). – 2016. – № 19. – С. 50.

В современном высокотехнологичном мире, где требования передовых компаний к сотрудникам очень высоки, специалистам и их руководителям необходимо постоянно совершенствоваться, в то время как затраты на обучение неизбежно будут снижаться в связи с текущей ситуацией на нефтяном рынке. В данной статье рассмотрен принцип использования системы мониторинга и оценки технических компетенций, разработанный специалистами Центра профессиональной переподготовки специалистов нефтегазового дела Института природных ресурсов Национального исследовательского Томского политехнического университета. Применение данной системы позволит наиболее эффективно повысить качество знаний и умений сотрудников предприятия нефтегазового комплекса. Рис. 4. Библ. 1.

Leading oil and gas companies demand constant improving of knowledge of their experts and managers. At the same time, expenses for professional training will inevitably decline according to the current oil price. This article describes a principle of using a system for monitoring and evaluation of technical competences developed, by experts of Petroleum Learning Centre at Tomsk Polytechnic University. Application of the system allows oil and gas companies to improve their employees' skills and knowledge in the most efficient ways. Fig. 4. Ref. 1.

УДК 504.06:622.34(571.16)

Потенциальные геоэкологических риски при освоениии железных руд бакчарского рудного узла (томская область) / Перегудина Е.В, Домаренко В.А. // Вестник РАЕН (ЗСО). – 2016. – № 19. – С. 55.

Понимание и анализ геоэкологических рисков, применение на практике. Методы оценки и управления рисками. Знание природы их возникновения и развития, а также современные технологии обработки информации, позволяют использовать риски, как показатель возможного результата эффективной деятельности и применения метода скважинной гидродобычи железных руд бакчарского рудного узла, расположенного на восточной окраине васюганского болота. Библ. 8.

The article deals with the notion of geoecological risks, their analysis, practical application, methods of their assessment and management. Understanding of risks origin and development, as well as modern information processing technologies allows using

the risks as a factor of potential result of efficient practices and application of hydraulic borehole mining approach at the bakchar ore cluster located at the eastern outskirts of the vasyugan swamp. Ref. 8.

УДК 504.06:622.34(571.56)

Природные и природно-антропогенные факторы геоэкологических рисков при освоениии месторождений эльконского урановорудного района (Южная Якутия). Павлова И.В., Домаренко В.А. // Вестник РАЕН (ЗСО). – 2016. – № 19. – С. 58.

В данной статье рассматриваются понятия геоэкологического риска, риска здоровью человека, связанные с радиационными воздействиями, раскрываются проблемы и методология оценки экологического риска при освоении месторождений эльконского урановорудного района. Библ. 5.

This article deals with the notion of environmental risk and risk for the human health. The problems and methodology of ecological risk assessment by the development of the elcon deposit are described. Ref. 5.

УДК 552.321.1/.3:551.311.231:550.4 (571.54.55)

Вещественный состав и геохимические особенности кор выветривания по гранитоидам витимского урановорудного района. Кузнецова Е.С., Домаренко В.А. // Вестник РАЕН (ЗСО). – 2016. – № 19. – С. 62.

Представлены результаты изучения минерального и элементного состава гранитоидов фундамента и кор выветривания месторождений Хиагдинского рудного поля в Витимском урановорудном районе. Установлено, что гранитоиды фундамента представлены лейкократовыми биотитовыми гранитами субщелочного ряда. Кора выветривания представлена не литифицированными или слабо литифицированными осадками, по минералогическому и гранулометрическому признакам выделяются: песчаные и дресвяно-песчаные отложения. Выявлен минеральный состав и акцессорная минерализация кор выветривания. Установлена высокая радиоактивность гранитоидов фундамента торий-урановой и урановой природы. Рис. 6. Библ. 7.

The results of the studying of mineral and element structure of granitoids' base and crust of weathering on the Khiagda ore field and Vitim uranium-ore site are presented. It is established that granitoids of the base are presented by leucocratic biotite granites of a subalkaline row. Crust of weathering is presented not by lithified or poorly lithified sediments. The sandy and wood-sandy deposits are allocated by mineralogical and granulometric factors. The mineral structure and accessory minerals of crust of weathering are discovered. The high-level granitoids' radioactivity of thorium-uranium and uranium origin is established. Fig.6. Ref. 7.

УДК 669.184.244.66

Математическое моделирование тепломассообменных процессов при предварительном подогреве металлолома в конвертере / Солоненко В.В., Протопопов Е.В., Чернятевич А.Г., Темлянцев М.В. // Вестник РАЕН (ЗСО). – 2016. – № 19. – С. 69.

В течение последнего времени ведущие российские и зарубежные металлопроизводители широко используют предварительный подогрев шихтовых

материалов, в том числе металлолома при выплавке стали в конвертерах и дуговых сталеплавильных печах. Основная цель его применения – улучшение теплового баланса плавки, сокращение расхода жидкого чугуна, удельных энергозатрат и соответствующее снижение себестоимости металла. Рис. 1. Библ. 11.

In recent years, leading Russian and foreign metal producers widely use preheating of charge materials, including scrap for steelmaking in converters and electric arc furnaces. The main purpose of its application – improvement of the heat balance of melting, reducing the consumption of liquid iron, the specific energy consumption and a corresponding reduction in the cost of metal. Fig. 1. Ref. 11.

УДК 669.1:658.567.1

Технологии комплексной переработки железосодержащих отходов горно-обогатительных и металлургических производств / Подольский А.П., Рыбушкин А.А., Казимиров С.А., Темлянцев М.В., Солдатов В.В. // Вестник РАЕН (ЗСО). – 2016. – № 19. – С.76.

Техногенные месторождения – результат интенсивного развития горнодобывающих, горно-обогатительных и перерабатывающих производств. К настоящему времени на земной поверхности накоплены триллионы кубических метров техногенных отходов. В статье преджложены технологии комплексной переработки железосодержащих отходов горно-обогатительных и металлургических производств. Рис. 1. Библ. 7.

Anthropogenic deposits is the result of intensive development of mining, ore-dressing and processing industries. To the present time on the earth's surface accumulated trillions of cubic feet of industrial waste. The article predlozheny technology of complex processing of iron-containing wastes of mining and metallurgical industries. Fig. 1. Ref. 7.

УДК 669.184.046.557

Конвертер жидко-фазного восстановления – агрегат для прямого легирования и производства марганцевых концентратов / Кузнецов С.Н., Протопопов Е.В., Чернятевич А.Г. // Вестник РАЕН (ЗСО). – 2016. – № 19. – С. 80.

В статье расмотренно современное развитие теории и технологии конвертерной плавки, раскрыты реальные перспективы решения сложных технологических и экологических задач, связанных с переработкой в конвертерах способом жидкофазного восстановления железо- и марганецсодержащего сырья, а также широкого спектра металлургических отходов. Рис. 3. Библ. 6.

The article examines the modern development of the theory and technology of Converter melting, revealed the real prospects for the solution of complex technological and environmental problems associated with the BOF processing method of liquid-phase reduction of iron - and where the mn containing raw materials, as well as a wide range of metallurgical wastes. Fig. 3. Ref. 6.

УДК 662.732

Производство и применение полукокса березовского месторождения каб / Аникин А.Е., Галевский Г.В., Руднева В.В. // Вестник РАЕН (ЗСО). – 2016. – № 19. – С. 89.

Проведен анализ состояния производства, свойств и областей применения полукоксов из отечественных малометаморфизованных углей различных месторождений. Установлено, что наиболее перспективно производство и потребление буроугольного полукокса Березовского месторождения КАБ ввиду его более высоких свойств по сравнению с полукоксами из малометаморфизованных углей других месторождений, технологической возможности его крупнотоннажного производства, относительно низкой стоимости, а также значительной потребности в нем многих областей промышленности. Рис. 3. Табл.1. Библ. 34.

The analysis of a condition of production, properties and areas of use of semi-coke from domestic small metamorphism coals of various fields is carried out. It is established that production and consumption of brown-coal semi-coke of Berezovsky field KAB in view of its higher properties in comparison with semi-coke from the small metamorphism of coals of other fields, a technological capability of his large-capacity production, rather low cost, and also considerable need for him of many areas of the industry is most perspective. Fig. 3. Тав. 1. Ref. 34.

УДК 661.665

Плазмометаллургическое производство нанокристаллических боридов и карбидов / Галевский Г.В., Руднева В.В., Ноздрин И.В., Галевский С.Г., Ефимова К.А. // Вестник РАЕН (ЗСО). – 2016. – № 19. – С. 100.

Обобщен опыт производства и изучения свойств нанокристаллических боридов и карбидов хрома, титана, кремния. Описана конструкция и особенности эксплуатации используемого для производства плазмометаллургического комплекса с трехструйным вертикальным, прямоточным реактором мощностью 150 кВт. Определены технологические, теплотехнические и ресурсные характеристики реактора. Приведены параметры синтеза боридов и карбидов, их основные характеристики в нанодисперсном состоянии и аппаратурно-технологическая схема их производства. Проведена оценка технико-экономических показателей лабораторных и промышленных уровней получения боридов и карбидов и состояния соответствующего сегмента мирового рынка. Рис. 3. Табл. 2. Библ. 24.

Experience of production and studying of properties of nanocrystal borides and carbides of chrome, the titan, silicon is generalized. The design and features of operation of the plazma metallurgical complex used for production with the three-jet vertical, 150 kW direct-flow reactor is described. Technical, heat-technical and resource characteristics on the reactor are defined. Parameters of synthesis of borides and carbides, their main characteristics are specified in a nanodisperse state and the hardware and technological scheme of their production. The assessment of technical and economic indicators of laboratory and industrial levels of receiving borides and carbides and a condition of the corresponding segment of the world market is carried out. Fig. 3. Tab. 2. Ref. 30.

УДК 621. 762

Производство карбида циркония: современное состояние, доминирующие тенденции, технологические и экономические прогнозы / Алексеева Т.И.,

Галевский Г.В., Руднева В.В., Галевский С.Г. // Вестник РАЕН (ЗСО). – 2016. – № 19. – С. 110.

Проведены анализ и систематизация сведений о способах производства карбида циркония. Показано, что базовым способ является карботермический синтез, реализуемый в различных вариантах (печной синтез из традиционных и высокодисперсных шихт, плавление-кристаллизация, плазменный нагрев, в электротермическом кипящем слое). СВС-процесс не нашел широкого применения, но может быть востребован для получения многофункциональных наноструктурных пленок, содержащих карбид циркония. Механосинтез позволяет получать нанокристаллический карбид циркония, но в препаративных количествах. Достигнутые показатели плазмосинтеза позволяют рассматривать его как наиболее перспективный из известных способ получения карбида циркония в наносостоянии. Способ осаждения из паро-газовой фазы ориентирован на формирование карбидных пленочных покрытий и самостоятельного значения в производстве карбида циркония не имеет. Рис. 5. Табл. 2. Библ. 30.

The analysis and systematization of information about how the production of zirconium carbide. It has been shown that the basic carbothermic synthesis method is implemented in various embodiments (synthesis furnace of traditional and highly batches, crystallization-melting, plasma heating, in the electrothermal fluidised bed). SHS process is not widely used, but may be in demand for multifunctional nanostructured films containing zirconium carbide. Mechanosynthesis produces nanocrystalline zirconium carbide, but in preparative amounts. Plazmosinteza achieved results allow us to consider it as the most promising of the known methods for producing zirconium carbide nanostate. The deposition method of vapor-gas phase is focused on the formation of carbide film coatings and reagent in the self-production of zirconium carbide has. Fig. 5. Tab. 2. Ref. 30.

УДК 621.791:624

Повышение качества наплавляемого сталью 25Х5ФМС валика / Козырев Н.А., Кибко Н.В., Уманский А.А., Титов Д.А. // Вестник РАЕН (ЗСО). – 2016. – № 19. – С. 125.

Определено влияние использования углеродфторсодержащего материала и никеля на повышение качества порошковой проволоки 25Х5ФМС. Показано, что использование углеродфторсодержащего материала способствует снижению уровня загрязненности неметаллическими включениями, уменьшает абразивный износ наплавленного слоя, обеспечивает удаление ферритной составляющей, не изменяя при этом уровень дисперсности и микротвердость мартенсита, а также твердости наплавленного слоя. Введение в состав проволоки никеля, измельчает зерно аустенита, обеспечивает образование мелкодисперсных карбидов, снижает скорость истирания наплавленного слоя, повышает микротвердость мартенсита и твердость наплавленного слоя. Рис. 4. Табл. 6. Библ. 7.

The influence of the use of overadvertised material and Nickel to improve the quality cored wire 25Х5ФМС. It is shown that the use of overadvertised material reduces the level of contamination of non-metallic inclusions, reduce abrasive wear of the deposited layer provides the removal of the ferritic component, without changing the level of dispersion and micro-hardness of martensite and the hardness of the deposited

layer. Introduction to the composition of Nickel wire, grinds grain of austenite ensures the formation of fine carbides, reduce the rate of abrasion of the deposited layer, increases the microhardness of martensite and the hardness of the deposited layer. Fig. 4. Tab. 6. Ref. 7.

УДК 621.791:624

Улучшение структуры и свойств стали 35В9Х3СФ / Козырев Н.А., Кибко Н.В., Уманский А.А., Титов Д.А. // Вестник РАЕН (ЗСО). – 2016. – № 19. – С. 138.

Изучено влияние введения в состав порошковой проволоки стали 35В9Х3СФ углеродфторсодержащей добавки и никеля на ее структуру, микротвердость мартенсита, твердость и абразивный износ наплавленного слоя. Показано, что использование никеля способствует удалению ферритной составляющей, измельчению зерна аустенита и образованию мелкодисперсных карбидов, повышает микротвердость мартенсита и твердость наплавленного слоя, снижает абразивный износ. Введение в состав шихты углеродфторсодержащей добавки снижает уровень загрязненности неметаллическими включениями, повышает твердость наплавленного слоя и уменьшает его истираемость. Рис. 5. Табл. 5. Библ. 6.

The influence of the introduction of the cored wire steel 35В9Х3СФ overadvertised supplements and Nickel in its structure, microhardness of martensite, hardness and abrasive wear of the deposited layer. It is shown that the use of Nickel contributes to the removal of the ferritic component, the grain size of austenite and the formation of fine carbides increases the hardness of martensite and the hardness of the deposited layer, reduces abrasive wear. Introduction the composition of the batch overadvertised additives reduces the level of contamination of non-metallic inclusions, increases the hardness of the deposited layer and reduces its wearability. Fig. 5. Tab. 5. Ref. 6.

УДК 621.791:624

Исследование влияния состава порошковых проволок на характеристики наплавленного слоя прокатных валков / Козырев Н.А., Кибко Н.В., Уманский А.А., Титов Д.А., Соколов П.Д. // Вестник РАЕН (ЗСО). – 2016. – № 19. – С. 149.

Проведены экспериментальные исследования по вводу в состав порошковых проволок для наплавки прокатных валков новых материалов – углеродфторсодержащей добавки (отходов металлургического производства) и порошкообразного никеля. Показано, что введение в состав шихты для производства проволок систем легирования C-Si-Mn-Cr-W-V и C-Si-Mn-Cr-V-Mo углеродфторсодержащего материала способствует улучшению структуры и свойств наплавленного слоя – зафиксировано значительное снижение количества строчечных кислородных включений и силикатов недеформирующихся, повышение твердости наплавленного слоя. Введение никеля в состав проволоки приводит к измельчению зерна аустенита, что способствует повышению термической стойкости наплавленного слоя. На основании полученных данных разработаны новые составы порошковых проволок, внедрение которых в производство в условиях ООО «ЭлСиб» позволило улучшить качество и характеристики наплавленного слоя прокатных валков. Табл. 3. Библ. 11.

Experimental studies on commissioning of the flux-cored wires for welding rolls of new materials - additives containing carbon and fluorine (metallurgical industry waste) and nickel powder. It is shown that the introduction of the charge for the production of wires doping systems C-Si-Mn-Cr-WV and C-Si-Mn-Cr-V-Mo material containing carbon and nickel helps to improve the structure and properties of the deposited layer - was a significant reducing the number of stringers oxygen inclusions and non-deformable silicates, hardening of the deposited layer. Introduction of the nickel wire leads to a refinement of the austenite grains, thereby increasing the thermal resistance of the deposited layer New compositions of flux-cored wires, the introduction of which in the production conditions of "ELSIB" has improved the quality and characteristics of the deposited layer rolls are designed on the basis of the data obtained. Tab. 3. Ref. 11.

УДК 621.785.533:620.129.46

К вопросу о качестве химико-термической обработки конструкционной легированной стали. Ч. 1. Методика проведения и результаты исследований / Апасов А. М., Козлов Э. В., Федосеев С. Н. // Вестник РАЕН (ЗСО). – 2016. – № 19. – С. 155.

Проведено исследование строения стали, подвергнутой нитроцементации и последующей термообработке, с целью выявления причин ее разрушения. Для определения качества области металла были использованы методы оптической, просвечивающей электронной микроскопии и рентгеноструктурного анализа. В связи с этим одной из основных задач исследования явилось изучение фазового состава, зеренной и дислокационной структуры металла зуба шестерни. Установлен механизм зарождения микротрещин в зубьях шестерни на разных этапах ее изготовления и определены их траектории развития. Рис. 15. Табл. 3. Библ. 14.

It was accomplished research of the structure steel which carbonitriding and subsequent heat treatment was exposed for its causes destruction to discover. For measure quality field of metal were used methods optical, appearing electronic microscopy and X-ray diffraction. Therefore one of the principal problems were research phase composition, grain and dislocation structure of a metal the gear teeth. Mechanism of rising hear cracks in the gear teeth on different stages her making and their trajectories of evolution were determined. Fig. 15. Tab. 3. Ref. 14.

УДК 621.785.533:620.129.46

К вопросу о качестве химико-термической обработки конструкционной легированной стали. Ч. 2. Обсуждение результатов исследования / Апасов А. М., Козлов Э. В., Федосеев С. Н. // Вестник РАЕН (ЗСО). – 2016. – № 19. – С. 173.

Проведено исследование строения стали, подвергнутой нитроцементации и последующей термообработке, с целью выявления причин ее разрушения. Для определения качества области металла были использованы методы оптической, просвечивающей электронной микроскопии и рентгеноструктурного анализа. В связи с этим одной из основных задач исследования явилось изучение фазового состава, зеренной и дислокационной структуры металла зуба шестерни.

Установлен механизм зарождения микротрещин в зубьях шестерни на разных этапах ее изготовления и определены их траектории развития. Рис. 15-32. Библ. 16.

It was accomplished research of the structure steel which carbonitriding and subsequent heat treatment was exposed for its causes destruction to discover. For measure quality field of metal were used methods optical, appearing electronic microscopy and X-ray diffraction. Therefore one of the principal problems were research phase composition, grain and dislocation structure of a metal the gear teeth. Mechanism of rising hear cracks in the gear teeth on different stages her making and their trajectories of evolution were determined. Fig. 15-32. Ref. 16.

УДК: 613.6:614

О потребности в профпатологической лечебно-профилактической помощи. Захаренков В.В., Виблая И.В. // Вестник РАЕН (ЗСО). – 2016. – № 19. – С. 190.

Представлен взгляд сотрудников НИИ КПГПЗ на основные направления исследований при определении потребности в лечебно-профилактической помощи больным с профессиональными заболеваниями. Приоритеты реализации научно обоснованных мероприятий должны определяться стратегическим значением для России градообразующих отраслей промышленности. Библ. 20.

The research Institute NII KPGPZ on the main directions of research in determining the needs for treatment and preventive care for patients with occupational diseases. The priorities for implementation of evidence-based interventions must be matched by strategic importance for Russia of core industries. Ref. 20.

УДК 613.6

Характеристика заболеваемости по обращаемости работников горнорудного предприятия / Захаренков В.В., Страшникова Т.Н., Олещенко А.М., Суржиков Д.В., Кислицына В.В. // Вестник РАЕН (ЗСО). – 2016. – № 19. – С. 194.

В работе приведены результаты оценки показателей заболеваемости по обращаемости работников горнорудного предприятия. Выявлено, что общая заболеваемость по обращаемости выше в основной группе, особенно у машинистов буровой установки. Заболеваемость по классу болезней костно-мышечной системы и соединительной ткани была выше практически за весь период у машинистов бурильных установок. У проходчиков наиболее высокая заболеваемость по классу травм и отравлений наблюдалась в 2008 г. Заболеваемость по классу болезней органов дыхания также была выше у машинистов буровых установок. Рис. 4. Библ. 2

The paper presents the results of the evaluation of incidence rates according to the appealability for the workers of mining enterprises. It has been revealed that the total disease incidence according to the appealability is higher in the study group, especially among the machinists of the drilling rigs. The incidence by the class of the diseases of the musculoskeletal system and connective tissue was higher in the machinists of the drilling rigs for almost the entire period. The highest incidence rates according to the class of injury and poisoning was observed among the drifters in 2008. The incidence by the class of respiratory diseases was also higher in the machinists of the drilling rigs. Fig. 4. Ref. 2.

УДК 614.1:314.1

Профилактика заболеваний и предпосылки роста продолжительности жизни населения / Григорьев Ю.А., Баран О.И. // Вестник РАЕН (ЗСО). – 2016. – № 19. – С. 197.

Последовательная реализация задач профилактики неинфекционных заболеваний и укрепления здоровья человека обеспечит определенные позитивные сдвиги в продолжительности жизни населения. Эффективной такая деятельность может быть только в условиях твердой политической воли, грамотного управления и значительного роста уровня культуры людей. Библ. 24.

The consistent implementation of the tasks for non-communicable disease prevention and health promotion will provide some positive changes in the life expectancy of the population. This activity can be effective only in the terms of a strong political will, good governance and the significant increase in people's cultural level. Ref. 24.

УДК 614.11.4

Жестикова М.Г., Сытин Л.В., Хомичева В.Е. / Общественное здоровье. Особенности динамики основных индикаторов общественного здоровья в России в последние 20 лет // Вестник РАЕН (ЗСО). – 2016. – № 19. – С. 202.

В статье проанализированно общественное здоровье и динамика основных индикаторов общественного здоровья в России за последние 20 лет. Общественное здоровье изучает состояние здоровья не отдельных людей, а человеческих коллективов, социальных групп и общества в целом. Библ. 4.

The article analyzed public health and dynamics of basic indicators of public health in Russia in the last 20 years. Public health studying the health condition of individuals and human collectives, social groups and society as a whole. Ref. 4.

УДК 615.851:174-057.16

Деонтология при психологической реабилитации / Миненков В.А., Жестикова М.Г., Хомичева В.Е. // Вестник РАЕН (ЗСО). – 2016. – № 19. – С. 209.

В статье рассмотрена работа психолога, занимающегося такими пациентами обратившимися к нему на консультацию, должен решать их проблемы по разному - самостоятельно, с помощью соматического врача, с помощью невролога, психиатра, нейропсихолога, клинического психолога, экспертов БМСЭ, а также взаимодействуя с близкими и родственниками консультируемых. Рис. 1. Библ. 6.

The article describes the work of the psychologist dealing with patients who applied to him for advice, should solve their problems in different ways - independently, with the help of a somatic physician, with the assistance of a neurologist, psychiatrist, neuropsychologist, clinical psychologist, experts, BMSA, as well as interacting with family and relatives advise. Fig. 1. Ref. 6.

УДК 004.9+902,1+930.1+303.05

О некоторых подходах к поиску стратегий исследования структур цитирования (на примере новой археологии) / Холюшкин Ю.П., Витяев Е.Е., Мартынович В.В. // Вестник РАЕН (ЗСО). – 2016. – №19. С. 213.

В статье предпринята попытка показать некоторые возможности применения метода цитирования для измерения тесноты связей научных школ и характеристик так называемых «незримых колледжей». На основе такого анализа удалось подтвердить существование трех основных направлений в новой археологии: аналитического (гемпелианского), аналитического и системного. Рис. 4. Табл. 1. Библ. 3.

The article attempts to show some of the features of the method for measuring the tightness of citing links scientific schools and the characteristics of the so-called " invisible college " . On the basis of this analysis could confirm the existence of the three pillars of the new archeology : analytical (gempelian) , analytical and systematic. Fig. 4. Tab. 1. Ref. 3.

УДК 364.01

Особенности организации практики для обучающихся по направлению подготовки «реклама и связи с общественностью / Е.Г. Лашкова // Вестник РАЕН (ЗСО). – 2016. – №19. С. 218.

Показаны основные проблемы, с которыми сталкивается высшее учебное заведение при организации производственной практики обучающихся направления подготовки «Реклама и связи с общественностью». Показаны способы решения сложностей, возникающих при организации производственной практики.

The main problems are shown, with which the higher educational institution is confronted in the organization of industrial practice students training "Advertising and public relations." The ways of solving the complexities arising in the organization of industrial practice. Ref. 3.

Научное издание

ВЕСТНИК
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК
ЗАПАДНО–СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

Выпуск 19, 2016 г.

В авторской редакции

Подписано в печать 29.12.2016 г. Формат бумаги 60×84 1/8. Бумага писчая.
Печать офсетная. Усл. печ.л. 14,5. Уч.–изд.л. 16,9. Тираж 300 экз. Заказ № 743

Отпечатано в
Издательском центре
Сибирского государственного индустриального университета