

РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА.....	3
ЗА НЕФТЬЮ КУЗБАССА С ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИЕЙ.....	3
В.В.Ростовцев, Е.Ю. Липихина, А.М. Афанасьев, В.Н. Ростовцев, В.В. Лайнвебер	
НОВАЯ ПАРАДИГМА ПОИСКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА.....	8
В.В. Ростовцев, Е.Ю. Липихина, В.Н. Ростовцев, В.В. Лайнвебер	
ПУТИ РЕАНИМАЦИИ НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ.....	15
В.В. Ростовцев, Е.Ю. Липихина, В.Н. Ростовцев, В.В. Лайнвебер	
ОСОБЕННОСТИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМОЙ НЕФТИ В АРКТИКЕ.....	28
И.Г. Яценко, Ю.М. Полищук	
ГЕОТЕХНОЛОГИЯ И ГЕОМЕХАНИКА.....	42
АЛЛЕЯ ГЕОЛОГОВ В ТОМСКЕ. ИСТОКИ.....	42
А.Я. Пшеничкин, В.А. Домаренко	
ЧИСЛЕННАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГЕОТЕКТОНИЧЕСКОГО ПОЛЯ НАПРЯЖЕНИЙ В ГЕОМАССИВЕ НА ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТОК.....	49
В.Н. Фрянов, Л.Д. Павлова	
ПАРАДОКСЫ ПРИРОДНОГО ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА ОКЛО.....	60
В.А. Домаренко	
К ВОПРОСУ РАЗРУШЕНИЯ УСТОЙЧИВЫХ ВОДОНЕФТЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ.....	65
Е.Э. Очиров, С.Н. Харламов	
МЕТАЛЛУРГИЯ.....	76
ПЕРЕМЕШИВАНИЕ РАСПЛАВА ПРИ ПРОДУВКЕ ИНЕРТНЫМ ГАЗОМ В АГРЕГАТАХ КОВШ-ПЕЧЬ.....	76
Е.В. Протопопов, Л.В. Думова, М.В. Темлянцев, Е.М. Запольская	
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ ПРОКАТКИ МЕЛЮЩИХ ШАРОВ ИЗ ОТБРАКОВКИ РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ НА ИХ УДАРНУЮ СТОЙКОСТЬ.....	84
А.А. Уманский, А.Б. Юрьев, А.С. Симачев, Л.В. Думова	

©Издательский
центр
Сибирского
государственного
индустриального
университета

Адрес редакции:
654007
г. Новокузнецк,
ул. Кирова, 42,
Сибирский
государственный
индустриальный
университет
тел. 8–3843–78–44–55

[http: www.sibsiu.ru](http://www.sibsiu.ru)

ISSN 2311–9519

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА МЕТАЛЛОЗАВАЛКИ ПРИ ВЫПЛАВКЕ РЕЛЬСОВОЙ ЭЛЕКТРОСТАЛИ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЕЕ ПРОИЗВОДСТВА.....	93
Е.В. Протопопов, Л.В. Думова	
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ШЛАКОВЫХ РАСПЛАВОВ.....	102
Н. Ф. Якушевич, Е. В. Протопопов, М. В. Темлянцев	
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АЛЮМИНИЯ НА КОРРОЗИОННУЮ СТОЙКОСТЬ ЧУГУНОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ В СРЕДЕ АНОДНЫХ ГАЗОВ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ ЭКОСОДЕРБЕРГ.....	116
Е.А. Пинаев, М.В. Темлянцев, Е.В. Протопопов, Д.Г. Большаков, Е.Н. Темлянцева, А.С. Симачев	
БИОМЕДИЦИНА.....	122
ЧТО ИЗМЕНИЛОСЬ В КЛИНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ СЕПСИСА: КОММЕНТАРИИ К НОВЫМ МЕЖДУНАРОДНЫМ РЕКОМЕНДАЦИЯМ SSC 2021 ПО ЛЕЧЕНИЮ СЕПСИСА И СЕПТИЧЕСКОГО ШОКА.....	122
В. В. Агаджанян, И. М. Устьянцева, А.Х. Агаларян	
ОРГАНИЗАЦИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ ПРИ ПОЛИТРАВМЕ. ПРОЕКТ КЛИНИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ.....	146
В.В. Агаджанян, А.Х. Агаларян	
ФАКТОРЫ, ОКАЗЫВАЮЩИЕ ВЛИЯНИЕ НА ЛЕТАЛЬНОСТЬ ПАЦИЕНТОВ С ПОЛИТРАВМОЙ.....	148
В.В. Агаджанян, А.Х. Агаларян	
ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКИЕ ЗНАНИЯ И ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ.....	151
РАЗВИТИЕ АМБИЕНТНОЙ СРЕДЫ ГОРОДА КАК ОСНОВЫ ЕГО ВОЗРОЖДЕНИЯ.....	151
Ю.С. Серенков, Е.А. Благиных, И.В. Шимлина, В.Е. Хомичева	
ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНЫЕ ОСНОВАНИЯ МНОГООБРАЗΙΑ МОДЕЛЕЙ ТРАНСФОРМАЦИИ УНИВЕРСИТЕТА.....	167
Н.А. Иванова	
ЮБИЛЕИ.....	174
РЕФЕРАТЫ.....	183

РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА

УДК 553.98

ЗА НЕФТЬЮ КУЗБАССА С ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИЕЙ

**В.В. Ростовцев¹, Е.Ю. Липихина¹, А.М. Афанасьев²,
В.Н.Ростовцев³, В.В. Лайнвебер³**

¹ *НИ Томский политехнический университет, г. Томск*

² *ООО «Недра Кузбасса», г. Томск*

³ *АО «ТОМКО», г. Томск*

Прошло почти 100 лет с момента смелых призывов академика И.М. Губкина начать поиски месторождений нефти и газа в Кузнецкой котловине. Свои предложения он основывал находками асфальтитов в морских отложениях верхнего девона, наличием в разрезах сапромикситового угля и наличием битуминозных сланцев, а также сходством геологического строения Кузнецкого бассейна с нефтеносной провинцией Соединенных штатов (Аппалачский район). Это были смелые рекомендации, т.к. к этому времени на обширных просторах Западной Сибири достоверно известно о нефтепроявлениях не было.

Пробуренные к 1960 году 25 скважин глубиной от 1400 до 3010 м по разным причинам не привели к открытию значимых месторождений нефти и газа. Это обстоятельство привело к тому, что сформировалось устойчивое мнение, что Кузнецкая котловина – угленосный бассейн, и не представляет особого интереса для поисков крупных по величине запасов месторождений нефти и газа. Попытки ученых Г.Н. Черкасова, Г.Н. Шарова, В.А. Ашуркова и некоторых других [1,2], которые ставят вопрос о возобновлении поисков нефти и газа в Кузнецкой впадине, практического отклика у нефтяников, газовиков, руководства области, Министерства природных ресурсов не находят. При этом в отличие от И.М. Губкина, свои рекомендации они основывают на многочисленных естественных нефтегазопроявлениях (более 600), на данных гидрогеологии, на особенностях тектонического развития района и ряде других

геологических факторов. В целом эти авторы приходят к выводу, что нефтяные месторождения залегают на значительных глубинах и контролируются более древними породами.

С позиций нефтяной геологии трудно понять, почему при таком обилии нефтепризнаков Кемеровская область рассматривается как бесперспективная для поисков нефтяных, а тем более газовых месторождений. Обнаруженная в 2019 году Афанасьевым А.М. живая нефть в песчанике между 43-42 и 40 угольными пластами, на глубинах, не превышающих 612 метров (рис. 1), свидетельствует о наличии нефтяных месторождений Кемеровской области на небольших глубинах и в верхах ленинской свиты (P_2Ln). Не менее важные признаки нефтеносности девонских отложений обнаружены Томскими геологами (А.М. Назаровой, М.И. Шаминой, 2018 г.), при изучении карбонатов Лебединского карьера (Рис. 2) расположенного в пределах Колывань-Томской складчатой зоны. Литолого-петрографический и фаунистический анализ этих карбонатов позволили этим исследователям прийти к выводу о благоприятных палеогеографических условиях формирования девонских отложений и о высоких их перспективах нефтегазоносности. О газопроявлении на этой структуре в непосредственной близости от поселка Ойша известно с 40-х годов прошлого века. Эти примеры позволяют говорить о высоких перспективах нефтегазоносности не только Кузнецкой впадины, а значительно большей территории Кемеровской области. Этот факт увеличивает вероятность открытия месторождений нефти и газа на территории Кузбасса.

Вернувшись к истокам прогноза о необходимости поисков нефти в Кузбассе, мы видим, что И.М. Губкин при этом ссылаясь на схожесть геологического строения Аппалачского нефтегазоносного района в США и Кузнецкой впадины. Подробное сопоставление геологического строения этих двух бассейнов сделал в 40-х годах ученик И.М. Губкина советский геолог Г.Е. Рябухин [3].



Рисунок 1. Кузбасская нефть в песчаниках, залегающая между угольными пластами 43-42 и 40 на глубинах 590-620 м. (А.М. Афанасьев, 2019 г.)

В связи с этим наше внимание было уделено в основном нефтегазоносности и особенностям строения залежей углеводородов Аппалачского нефтегазоносного района в США. В пределах Преаппалачского бассейна выявлено более 60 продуктивных горизонтов, наиболее важными являются горизонты верхнедевонского и нижнемиссисипского возраста.

Геологическими особенностями этого бассейна являются: резкая [4] фациальная изменчивость одновозрастных продуктивных комплексов, весьма пологое залегание слоев на обширных площадях, частое почти полное отсутствие циркулирующей воды в нефтегазоносных слоях. Эти и ряд других особенностей строения продуктивных толщ отразились на формировании многочисленных месторождений, контролируемых ловушками, которые у нас сейсмическими методами МОГТ 2Д выявляются, но не воспринимаются **как перспективные объекты** для поиска нефти. Убедительным доказательством этого тезиса являются промышленные залежи Аппалачского нефтегазоносного

бассейна приведенные на рисунке 3. Месторождения **синклиналей** весьма характерны для этого бассейна. Залежи формируются в песчаных пластах линзовидного строения с изменчивыми коллекторскими свойствами, где вода присутствует лишь в субкапиллярных порах. В таких пластах, практически лишенных свободно циркулирующей воды, нефть под действием силы тяжести стремится занять наиболее пониженные участки.

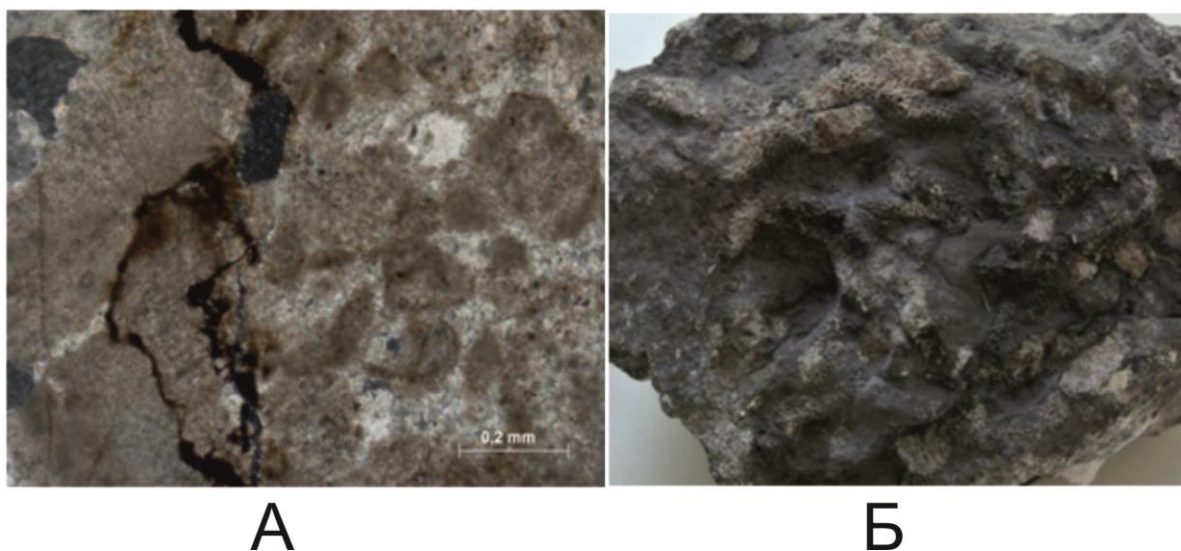


Рисунок 2. Микростилолитовый шов (А) заполненный битумом, (Б) коралловый битуминозный известняк (Назарова А.М., Шамина М.И., 2018 г.)

Данные примеры распространенных ловушек Предаппалачского нефтегазоносного бассейна могут быть встречены и в Кузнецкой впадине. Предаппалачский бассейн приурочен, как и Кузбасский, к крупной впадине. На северо-востоке бассейн ограничивает поднятие Адирондэк. С запада и севера бассейн обрамляет Цинциннатский свод и его северо-восточную ветвь – свод Финдлей, переходящий на территории Канады в Альгонский свод. Цинциннатский свод, в пределах которого открыты месторождения нефти и газа, как самостоятельная нефтегазоносная зона не рассматривается, но он в определенной степени может рассматриваться как аналог Колывань-Томской складчатой зоны, что еще является дополнительным аргументом в пользу нефтегазоносности Кемеровской области. Для поисков месторождений нефти и газа в Кузнецкой котловине требуется принципиально новая парадигма поиска, базирующаяся на инновационных технологиях. Такая технология (КОФиКС) под

руководством академика РАЕН Ростовцева В.Н. создана томскими учеными и специалистами.

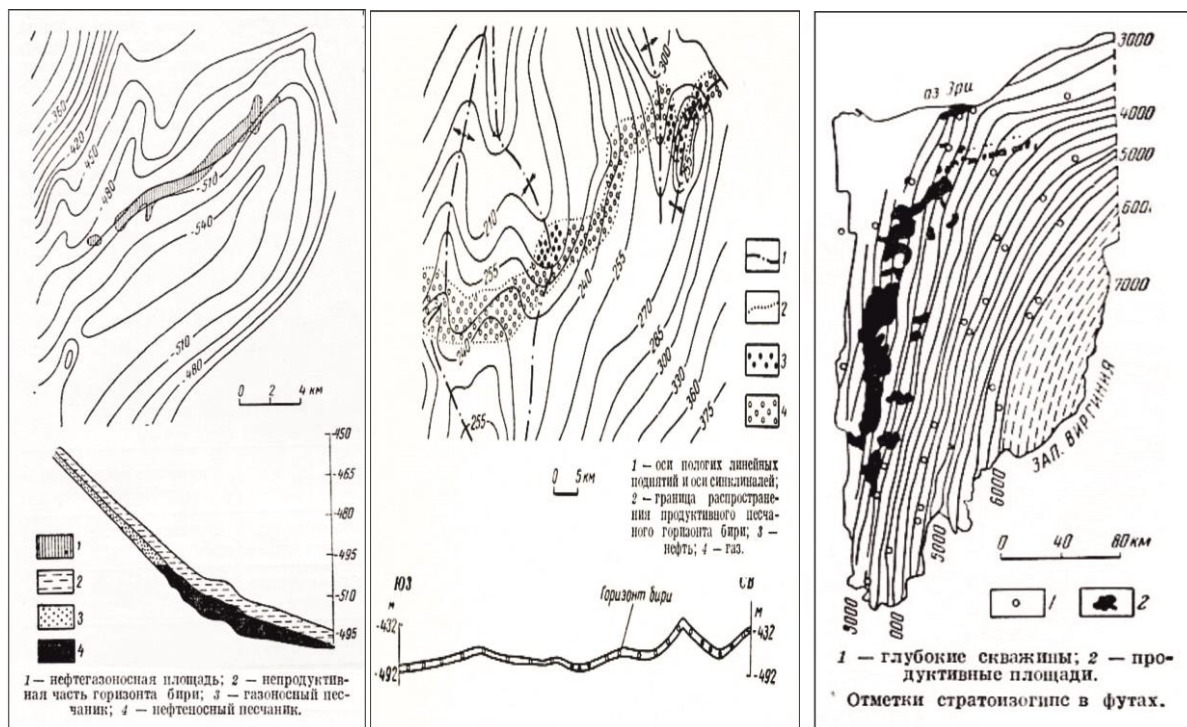


Рисунок 3. Примеры нефтяных залежей в ловушках нестандартного типа в пределах Преаппалачского нефтегазоносного бассейна США

Суть этой технологии заключается в том, что она после квантово-оптической фильтрации космоснимков (КОФиКС) способна выявлять залежи углеводородов, в любой точке мира, не зависимо от возраста, литологии пород и главное **любого типа** ловушек [5]. С помощью этой технологии границы всех месторождений нефти и газа могут быть выявлены **в течение года**. Трудность организации поиска нефти в Кемеровской области зависит от сформировавшегося сознания большинства чиновников и специалистов, считающих, что этот регион угленосен, отсутствия в стране целенаправленных государственных программ по воспроизводству запасов нефти и газа в новых регионах страны. ЗСО РАЕН может стать инициатором поиска нефти и газа в регионе. При активном взаимодействии с Губернатором Кемеровской области месторождения нефти и газа могут быть открыты в течение 3-4 лет.

Список использованных источников

1. Ашурков В.А., Беженцев С.А. Глубинная нефть Кузнецкого бассейна// Недра и ТЭК Сибири. -2015. - № 3. – С. 8-10.
- 2.Черкасов Г.Н., Шаров Г.Н., Ашурков В.А. Нефтегазовый потенциал Кузнецкого прогиба (Западная Сибирь)// геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2012. - №1(19). – С.107-121.
3. Рябухин Г.Е. Идеи И.М. Губкина о нефтегазоносности Сибири (Западная и Восточная Сибирь)// Сб. геологических работ , посвященный памкти акд. И.М. Губкина. – М.: Гостоптехиздат, 1948. – С. 160-170.
4. Геология нефти. Справочник. Т. 2, кН. 2/под. Ред. И.В.Высоцкого. –М.: Недра, 1968. – 804 с.
5. Ростовцев В.В., Липихина Е.Ю., Афанасьев А.М., Ростовцев В.Н., Лайнвебер В.В. Нефтегазоносность палеозойской области Западной Сибири //Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2020. – № 34 (340). С. 14-23.

УДК 553.982:553.98(571.51)

Светлой памяти академика РАЕН В.Г. Лукьянова

НОВАЯ ПАРАДИГМА ПОИСКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА

В.В. Ростовцев¹, Е.Ю. Липихина^{1,2}, В.Н. Ростовцев³, В.В. Лайнвебер³

¹*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск*

²*АО «ТомскНИПИнефть», г. Томск*

³*АО «ТОМКО», г. Томск*

История поисков нефти, связанная с выбором места заложения первой поисковой скважины, прошла длительный путь, который, в конечном счете, в основном, завершился поисками антиклинальных ловушек с помощью

сейсмических методов. В целом эффективность такой технологии поиска месторождений в СССР составляла не более 40 %. При этом огромное количество не связанных с антиклиналями залежей оставались не выявленными. Нефтяная промышленность страны требует принципиально новых подходов к выявлению границ прогнозируемых месторождений. Такая технология была создана под руководством академиков РАЕН. Она основана на квантово-оптической фильтрации космоснимков. Практическая реализация этой технологии позволила предложить геологам нефтяникам новую парадигму поиска месторождений нефти и газа.

Введение

Мировая экономика остро нуждается в энергетических ресурсах, и в первую очередь, в нефти и газе. В большинстве развитых стран крупные нефтегазоносные провинции давно открыты и их месторождения эксплуатируются многие десятилетия. Встает вопрос, как с наименьшими затратами открывать крупные нефтяные и газовые месторождения. Где надо искать большую нефть, в том числе и в Томской области. Сегодня поисковые работы на нефть, ориентированные на представления, что нефть – это продукт катагенетического преобразования органического вещества fossilized в субаквальной обстановке, явно недостаточны. В XXI веке для поиска месторождений требуются принципиально новые технологии, учитывающие новейшие достижения науки и техники.

Краткий обзор истории о поисках нефти

Нефть неразрывно связана с человечеством. Невозможно установить время, когда человек впервые начал пользоваться нефтью. Он использовал её в медицинских целях, при ведении войн, при строительстве, для освещения и многого другого. Нефтяная лихорадка началась, когда в середине 19 века был изобретен крекинг – основа переработки нефти. В настоящий момент в эту лихорадку втянуты все страны мира. Экономика стран требовала все больше и больше нефти и газа. В связи с этим были развернуты работы связанные с поиском месторождений нефти и газа. Методика поисков прошла сложный,

порой экзотический путь. В первую очередь месторождения искали рядом с естественными выходами нефти и газа. Это позволило открыть большое количество месторождений в Америке, Канаде, Европе. До настоящего времени этот признак наличия месторождений не утратил своего значения, но таких мест, где они есть, практически не осталось.

Позже поисковые скважины закладывались по принципу «ход по следу», по речным долинам, в низинах рельефа, «дикой кошки», по данным лозаискателей. В 1863 году русский академик Г.В. Абих пришел к выводу, что месторождения нефти и газа контролируются антиклинальными складками. Это представление стало фундаментом для поисков нефти. В настоящее время невозможно даже просто перечислить предлагаемые многочисленные технологии поиска месторождений. Тем не менее, сейчас поиск месторождений в основном свелся к простой схеме. С общегеологических позиций, учитывая закономерности размещения месторождений на основе осадочно-миграционной теории происхождения нефти, выбирается район, представляющий интерес для поисков нефти и газа, и проводятся сейсмические работы, в основном МОГТ 2Д. В ходе этих работ при обнаружении антиклинальной структуры в ее центральной части закладываются поисковые скважины. Эффективность такой технологии в СССР составляла по разным оценкам 30-40%. Тем не менее, это позволило советским геологам открыть крупнейшую в мире Западно-Сибирскую нефтегазоносную провинцию и ряд других. При плановой экономике требовалось соблюдать определенные этапы и стадии работ, что позволяло обеспечивать системную работу при поисках минерально-сырьевых ресурсов. Успехи геологов были настолько выдающимися, что это привело к негативным последствиям. Министерство геологии в России было ликвидировано, а задача прироста запасов нефти и газа была возложена на недропользователей.

Проблемы поиска месторождений нефти в современных условиях недропользования

Недропользователь, знающий степень риска поисковых работ, не идет с поисками в новые районы, а тем более в районы, которые официально считаются малоперспективными. Кроме того, он опирается на частный капитал, который заинтересован в прибыли, а поиск – это, в основном, только затраты, возврат которых не гарантирован. В настоящий момент выявлены такие факты неожиданного строения месторождений и залежей, которые позволяют надеяться на открытие месторождений в самых непредвиденных районах, например в районе Лагерного сада города Томска, у подножия которого академик М.А. Усов фиксировал керосиновые сланцы. Колывань - Томская складчатая зона, которая на юге обрамляет Западно-Сибирскую низменность, и в которой зафиксированы естественные признаки нефти и газа, может стать новым нефтегазоносным районом, но пока не привлекает, и еще долго не будет привлекать внимание нефтяников и МПР РФ.

Решение обозначенных проблем

Весь комплекс этих сложных задач решает технология квантово-оптической фильтрации космоснимков (КОФиКС), созданная специалистами АО «ТОМКО» под руководством академика РАЕН Ростовцева В.Н. и модернизированная учеными Томского политехнического университета. Эта технология позволяет в любой точке мира выявлять границы месторождений и распределение плотности запасов нефти и газа в пределах этих месторождений [2].

Возможности этой технологии позволяют сформулировать новую парадигму поиска месторождений нефти и газа, которая значительно расширяет горизонты поиска.

Теоретические предпосылки технологии КОФиКС. В последние десятилетия большая группа ученых (Тарновский Е.И., Левшенко В.Т., Дедов В.П., Соболев Г.А. и др.) занимаются изучением низкочастотных электромагнитных сигналов литосферного происхождения. Экспериментально было установлено, что литосфера способна генерировать электромагнитные и

сейсмоманнитные возмущения. На границе раздела «Земля-атмосфера» они создают сложную структуру электромагнитных полей, несущих информацию о процессах в земной коре, ее строении и свойствах. На дневную поверхность проецируется трехмерная интерференционная картина геологического строения литосферы. Регистрируемый съемочной аппаратурой искусственных спутников Земли отраженный от дневной поверхности солнечный свет модулируется низкочастотными электромагнитными сигналами, коррелированными с геологическим строением литосферы [1]. Эта информация была взята за основу теоретических предпосылок технологии КОФиКС с допущением, что в литосфере, содержащей месторождения нефти и газа, в трехмерной интерференционной картине геологического строения литосферы должны присутствовать и электромагнитные сигналы от залежей нефти и газа, если они в этой части литосферы есть. Задача, которая стояла перед специалистами АО «ТОМКО»: как выделить эти сигналы и на этой основе создать технологию КОФиКС, позволяющую искать месторождения нефти и газа.

Практическая реализация технологии КОФиКС стала возможной после создания специалистами АО «ТОМКО» специализированной лаборатории.

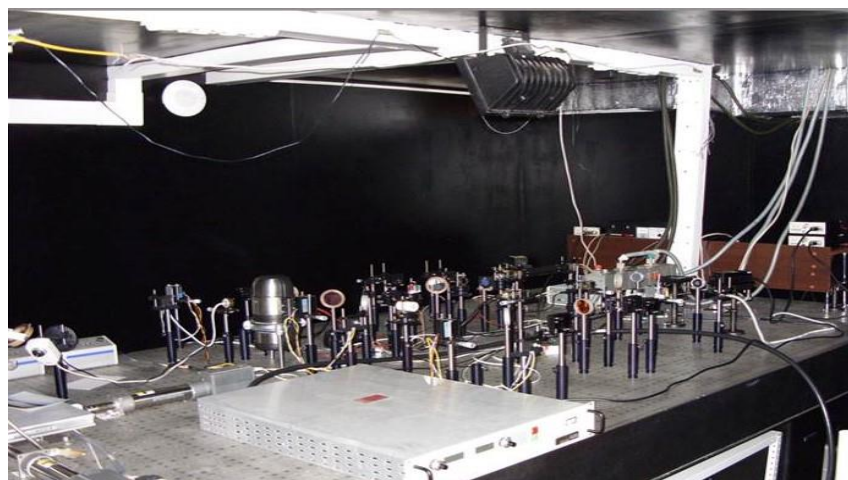


Рисунок 1. Базовая часть лаборатории технологии КОФиКС

С помощью лазерного луча, несущего информацию об обобщённом электромагнитном сигнале углеводородов, осуществляется поиск аналогичного сигнала на космическом снимке изучаемой территории. Используются космоснимки спутников типа Landsat-4, Landsat-5, Landsat-8. На первом этапе

технология прошла апробацию на хорошо изученных месторождениях в различных районах России, Казахстана, Китая, Ирана, Египта. Везде были получены положительные результаты. В дальнейшем она использовалась для выявления границ месторождений на территории Томской и Омской областей, Красноярского и Хабаровского краев, Ямало-Ненецкого автономного округа, Китая. Данная технология использовалась производственными и рассматривалась научными подразделениями Газпрома, НК «ЛУКОЙЛ». Имеются положительные отзывы от этих предприятий, подтверждающие эффективность прогнозов этой технологии [2].

В соответствии с письмом аппарата Правительства РФ от 30.05.2012 № П9-22837 эффективность этой технологии рассматривалась специалистами ФГУП «ВНИГНИ», которые пришли к выводу: «для практической реализации представленной технологии нет никаких преград в соответствии с действующим законодательством» (№ ВП -6-01/93 от 07 июня 2012 г.). Наиболее убедительными оказались результаты этой парадигмы, когда на бесперспективных землях Шегарского района, в зоне слияния рек Томи и Оби, технологией КОФиКС было выявлено месторождение. Пробуренная скважина на этом месторождении вскрыла 8 продуктивных горизонтов. Эти данные позволили специалистам НК «ЛУКОЙЛ» спрогнозировать в этой зоне 1,5 млрд.т. нефти и 267,3 млрд. м³ газа, и это на землях, которые многими считаются бесперспективными для поисков нефти и газа.

Новая парадигма поиска месторождений нефти и газа

Апробация и использование технологии КОФиКС показала её эффективность поиска месторождений, которые контролируются любыми типами залежи и любыми типами пород. Это является основанием предложить новую парадигму поиска. Для изучения любой территории, при необходимости, до получения лицензии, берется нужный космоснимок и выявляются границы месторождений и зоны с различной плотностью запасов по данным КОФиКС или их отсутствие. Термин границы месторождений используется нами, в отличие от многих исследователей, занимающихся прогнозированием

месторождений нефти и газа и называемых выявленные объекты аномалиями типа «залежь», в связи с тем, что мы фиксируем технологией сигнал который идет непосредственно от залежи нефти или газа.

Под месторождением по данным технологии КОФиКС понимается участок литосферы, объект, ограниченный уровнем соответствия с эталоном электромагнитного сигнала в 75 %, зафиксированный при квантово-оптической фильтрации космического снимка. Место заложения первой поисковой скважины определяется участком в границах выявленного месторождения по данным КОФиКС, где уровень совпадения с эталоном достигает 90-95 %. Если скважина после бурения обеспечивает промышленные притоки нефти или газа, сейсмические работы проводятся с учетом границ выявленного месторождения по данным КОФиКС. Экономятся средства, время и сокращается нагрузка на окружающую среду.

Выводы

Новая парадигма поиска месторождений нефти и газа может и должна способствовать возрождению нефтяной промышленности Томской области, которая с устойчивым падением уровня добычи нефти находится в критической ситуации. Проведенные исследования ученых АО «ТОМКО» и Томского политехнического университета с использованием технологии КОФиКС выявили целую серию месторождений на «бесперспективных» землях востока и юго-востока Томской области, которые должны стать фундаментом динамичного развития нефтяной промышленности Томской области. Эти месторождения располагаются в Томском, Шегарском, Асиновском, Кривошеинском, Тегульдетском, Верхне-Кетском, Зырянском районах. Все они считаются в основном депрессивными и требуют развития.

Первые опыты использования предложенной парадигмы в зоне слияния рек Томи и Оби, показали её высокую эффективность.

Пробуренная скважина на бесперспективных землях Томской области, заложенная по данным технологии КОФиКС, до проведения сейсмических работ вскрыла 8 продуктивных горизонтов.

Используя геологические данные полученные АО «ТОМКО», специалисты НК «ЛУКОЙЛ» пришли к выводу, что район слияния рек Томь и Обь может контролировать полтора миллиарда тонн нефти и до 267 млрд. м³ газа. И это, на так называемых, бесперспективных землях региона.

Список использованных источников

1. Дурандин, А.В. Структурно-тектонический анализ данных дистанционного зондирования Земли [Текст] / А.В. Дурандин // Геоматика. – 2011. – № 1(10). – С. 48-51.
2. Месторождения нефти и газа по данным квантово-оптической фильтрации космических снимков в юго-западной части Красноярского края / В.В. Ростовцев, Е.Ю. Липихина, В.Н. Ростовцев, В.В. Лайнвебер // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2022. – № 2 (362). – С.60-64. – DOI: 10.33285/2413-5011-2022-2(362)-60-64

УДК 553.981

ПУТИ РЕАНИМАЦИИ НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

В.В. Ростовцев^{1,2}, Е.Ю. Липихина¹, В.Н. Ростовцев², В.В. Лайнвебер²

¹*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,*

г. Томск

²*АО «ТОМКО», г. Томск*

Введение

В 2004 году Томская область добывала 15189 тыс. тонн нефти и считалась в России заметным нефтедобывающим регионом страны. В 2020 году всеми нефтедобывающими предприятиями области было добыто 6,85 млн. тонн. Это катастрофа. Причин такого снижения уровня добычи нефти много. Начиная с 1966 года, значимые по запасам месторождения нефти региона были введены в разработку. Массовое применение заводнения при разработке

месторождений, а затем широкое использование гидроразрывов продуктивных пластов привели к преждевременному их обводнению и снижению коэффициента нефтеотдачи по сравнению с проектными документами. С переходом к рыночной экономике практически прекратились плановые, масштабные поисковые работы на нефть и газ. В области нет резерва для нефтяников в виде открытых крупных по величине запасов месторождений нефти и газа.

Опираясь на мнение ведущих специалистов и ученых, администрация области вынуждена была взять курс на трудно извлекаемые запасы и сложно построенный палеозойский комплекс. Реализация этого курса малоэффективна даже для стабилизации добычи нефти на уровне 9 млн. тонн. Выход из кризиса нефтяной промышленности области могут обеспечить только инновационные технологии и новые нефтегазоносные районы, которые находятся на «бесперспективных» землях Томской области.

Краткая информация об истории развития нефтяной промышленности Томской области

Томская область располагается в самой юго-восточной части Западно-Сибирской низменности. Она занимает территорию площадью в 314,3 тысяч км². С юго-востока на северо-запад протекает река Обь, которая по диагонали (Рис.1) практически пополам делит, территорию региона на две части. Левобережная часть, где открыта большая часть месторождений, считается перспективной. Мезозойские отложения правобережной части области большинство ученых, специалистов считают бесперспективными для поисков нефти и газа.

Первые признаки реальной нефти в Западной Сибири были получены в правобережной части Томской области в зоне контакта юрских и палеозойских отложений в районе Колпашево в 1953 году. Плановые геологоразведочные работы на поиски месторождений нефти и газа в области были начаты в 1948 году. Первое Усть-Сильгинское газоконденсатное месторождение было открыто в 1962 году. По состоянию на 1 января 2018 года на территории

региона открыто 131 месторождение: 103 нефтяных, 20 нефтегазоконденсатных, 8 газоконденсатных. Подавляющее большинство из них открыто на левобережной части реки Оби. Промышленная нефтедобыча в Томской области была начата в 1966 году, газа в 1999 г. За 54 года промышленного освоения наиболее крупных нефтяных месторождений было добыто более 500 млн. тонн нефти. В настоящий момент наблюдается устойчивое падение уровня добычи с интенсивностью порядка 300-400 тысяч тонн нефти в год. Нет надежных резервов и у газовой промышленности области, падение уровня добычи газа, по нашим прогнозам, начнется с 2024 года. В дальнейшем эта тенденция будет усиливаться.

Ввод в разработку месторождений нефти с мелкими запасами в период с 2012 года позволило поддерживать уровень добычи нефти в целом по области до 2016 года. Перед нефтяниками и администрацией Томской области остро стоит вопрос, как поддержать созданную мощную нефтегазовую инфраструктуру региона, куда направить квалифицированные кадры нефтяников, сокращение которых не за горами на фоне падающих объемов добычи нефти. Сложность решения этих проблем связана с тем, что большинство исследователей, считающихся высококвалифицированными и авторитетными, признают, что практически большая часть территории Томской области (более 100 тыс. км²) бесперспективна для поисков нефти и газа. Эти представления базируются на научно-теоретических основах осадочно-миграционной теории происхождения нефти, на отрицательных результатах бурения десятков поисковых, параметрических скважин, пробуренных на этой территории. Земли южнее реки Чулыма некоторые специалисты СНИИГГиМС даже не включают в состав Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции, о перспективах вообще речи нет. (Рис. 5). На карте перспектив нефтегазоносности Западной Сибири (1974 г.) под редакцией И.И. Нестерова земли востока Томской области бесперспективны.

Окончательная отрицательная оценка перспективам нефтегазоносности мезозойских отложений правобережной части области была дана в 2009 году в

статье группы авторов, возглавляемой академиком РАН А.Э. Конторовичем [1]. Академик РАН РФ является непререкаемым авторитетом для власти региона и для нефтяников. В этой статье авторы пришли к выводу: «все эти данные не дают основания для положительной оценки перспектив нефтегазоносности мезозоя этой части провинции».

Детальный анализ данных приведенных в статье [1], представлен в статье [2], в которой показана несостоятельность ранее сделанных академиком и его соавторами выводов. В 2004 году высокие перспективы Чулым-Тымского междуречья, большей части востока области, были обоснованы В.Н.Ростовцевым и С.Н.Резником [3].

Реальные факты о нефтегазоносности востока Томской области

Высокая оценка перспектив нефтегазоносности самой юго-восточной части Томской области базируется на выявленных естественных газоконденсатных проявлениях, переоценке геологических материалов прошлых лет, на данных инновационных технологий, бурения, испытания, на признаках нефти в палеозойском керне, повышенных газопоказаниях в них, и новейших сейсмических разрезах в этой области [4]. Сопоставляя схемы изученности бурением (Рис. 1) и сейсмическими работами (Рис. 2) западной и восточной частей Томской области, необходимо отметить, что самый юго-восток региона, от Колпашево до Томска, ни бурением, ни сейсмикой практически не изучен. Необходимо отметить, при такой низкой плотности бурения скважин на востоке Томской области, а они были пробурены в основном до 1980 года, т.е., как минимум, более 40 лет назад, дать однозначную оценку перспективам нефтегазоносности сложно. На приведенной схеме (Рис. 2) отчетливо видно, что на востоке Томской области, за исключением небольших фрагментов территории, сейсмические исследования проведены методом отраженных волн (МОВ).

На этой территории трудно сопоставить структурные построения по данным сеймики с данными бурения в связи с тем, что на выявленных сейсмической структурах, как правило, пробурена одна поисковая скважина. В

качестве примера можно привести Вездеходную структуру, морфология которой трижды перестраивалась после бурения первой, второй и третьей скважины. Такая изученность сейсмическими методами (МОВ) явно недостаточна и не гарантирует адекватных результатов при выявлении положительных структур, тем более при отсутствии баженовской свиты, надежного сейсмического репера. Кроме того, никто не учитывает резкую тектоническую перестройку востока территории, которая произошла вероятнее всего в берриасском веке и могла привести к региональному наклону положительных структур. Об этом свидетельствуют соотношение толщин юрских и меловых отложений востока и запада региона. Вероятнее всего в келловее, западная часть Томской области резко опустилась, а восточная начала интенсивно подниматься.

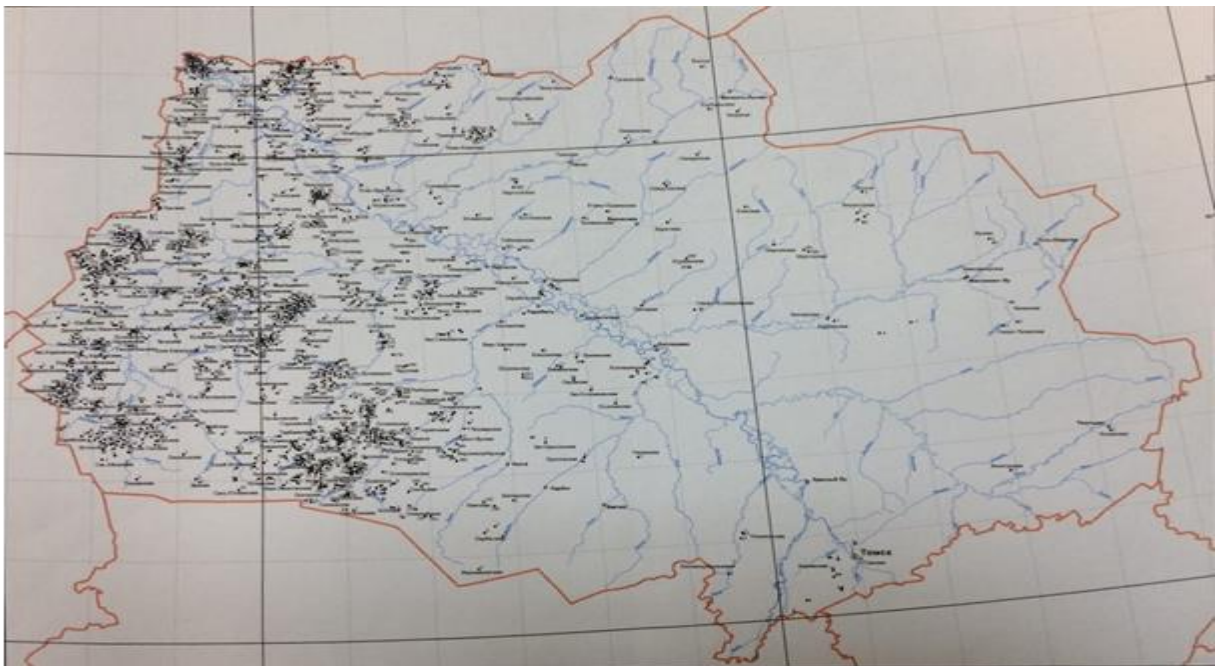


Рисунок 1. Схема изученности глубоким бурением территорию Томской области (по данным СНИИГГиМС)

На ранних этапах исследований на перспективы нефтегазоносности востока указывали многие нестандартные результаты. Привлекает внимание перелив пластовой воды дебитом $654,9 \text{ м}^3/\text{сут.}$ из пласта B_{10} Белоярской (на Кети) скважины № 1. Такие переливы в скважинах, как показывает практика, указывают на то, что скважина пробурена в зоне водонефтяного контакта

залежи углеводородов. Нельзя однозначно оценивать результаты испытания палеозойских отложений в скважине Вездеходная № 4, где с помощью испытателя пластов в интервале 3456 - 3545 м. и 4158 – 4207 м. были получены слабые признаки нефти. По оперативной информации с буровой, при бурении этих интервалов в буровом растворе была зафиксирована обильная пленка нефти. Специалисты геологического управления и геохимии ТомскНИПИнефть признали, что эта Кулгинская нефть, полученная из юрских пластов, которая вводилась в раствор при бурении. Позже появилась информация, что Кулгинская нефть по геохимическим данным аналогична палеозойской.

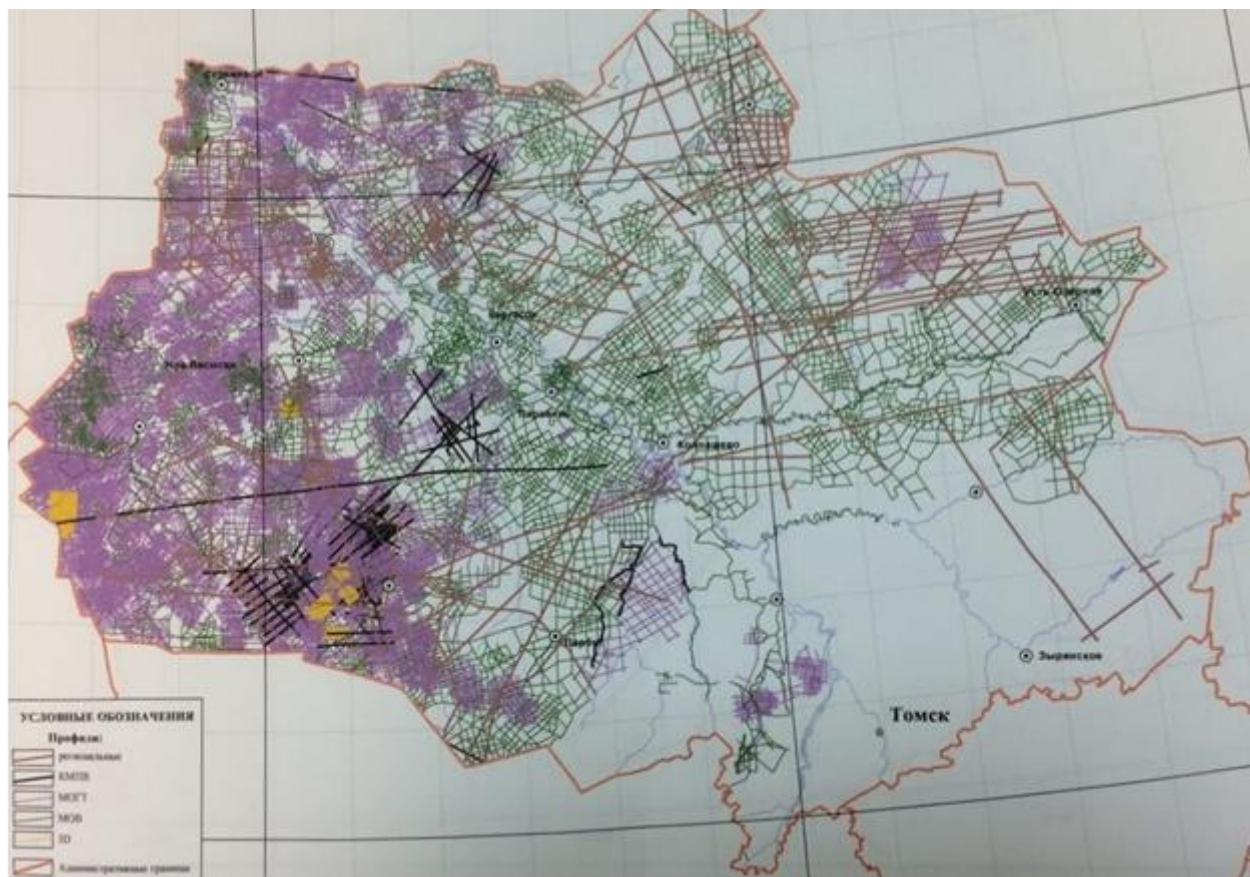


Рисунок 2. Схема изученности Томской области сейсмическими работами (по данным СНИИГГиМС)

Вопрос о появлении нефти в буровом растворе остался для нас открытым и важным для оценки перспектив нефтегазоносности палеозоя востока области. При переливе пластовой воды дебитом в 29,4 м³/сут., из пласта А₁ (инт. 1460-1470 м.) скважины № 1 Колпашевской площади была зафиксирована нефтяная

эмульсия. При испытании серии юрских пластов при переливе пластовых вод дебитом от 36 до 52,6 м³/сут в Максимоярской скважине № 1 приток газа составлял соответственно от 33,07 до 52,6 тыс. м³/сут [3]. Все эти данные прошлых лет не позволяют утверждать о бесперспективности правобережной части Томской области.

Еще более убедительные данные о высоких перспективах юго-восточной части этой территории получены начиная с 1999 года. В этот период в одной из проток, примыкающей к реке Оби, авторами статьи и охотником Лапа А. напротив села Половинка (зона слияния рек Оби и Томи) были обнаружены естественные выходы газа и конденсата, за которыми до настоящего времени ведутся системные наблюдения. Возможно, об этом газопроявлении упоминал и профессор М.К. Коровин [5], рассматривая перспективы нефтегазоносности Западной Сибири. В 1945 году он писал: «Сюда относятся, например, выходы углеводородных, возможно болотных газов в низовьях по р. Томи и ниже по р. Оби». В настоящее время, образцы газа и конденсата, из этих газоконденсатных проявлений, изучены учеными ДВО и СО РАН (А.И.Обжиров, О.В. Серебренникова, А.К. Головки). Они неоднократно описаны в различных публикациях [3,6,]. Системные наблюдения, за естественными газопроявлениями, позволили увидеть, как в природных условиях формируются и разрушаются залежи углеводородов.

Геохимические исследования проб газа и конденсата, отобранных в разных участках естественного газоконденсатного проявления, позволили сделать вывод о наличии залежей углеводородов в этой зоне. Это естественное газоконденсатное проявление хорошо коррелируются с выявленными региональными разломами. Оно располагается в непосредственной близости от их пересечения. Общеизвестно, что практически все значимые нефтегазоносные провинции мира были открыты за счет наличия естественных выходов нефти и газа. Западная Сибирь не исключение. Еще в 1914 году товарищество Пономаренко и К^о в районе Сургута получило, говоря современным языком, лицензию на поиски нефти [7]. Для выявления границ

предполагаемых залежей углеводоров в зоне естественного газоконденсатного проявления была использована технология квантово-оптической фильтрации фотографических снимков (Патент № 59843 от 17.08.2016 г). Первоначально в этой зоне была снята целая серия фотографий вдоль берега русла протоки и реки Оби. Их обработка позволила выявить границы месторождения с небольшими размерами. Затем с вертолета также было снято много фотографий. После их обработки были получены границы месторождения в зоне естественного газоконденсатного проявления, с значительно большими размерами, чем при пешеходной съемке. Обработка космических снимков технологией квантово-оптической фильтрации космоснимков (КОФиКС) позволила выявить не только границы месторождений в зоне естественного газоконденсатного проявления, но и целую серию месторождений на землях считающихся бесперспективными (Рис.3). Их расположение относительно друг друга сопоставимо с расположением широко известных крупных по величине запасов месторождений севера Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции. Это совпадение не случайно, оно косвенно указывает на эффективность технологии КОФиКС, и подтверждает реальное наличие месторождений на бесперспективных землях Томской области. На ряде выявленных месторождений технологией КОФиКС были использованы и другие инновационные модернизированные технологии, базирующиеся на однозначно понятных физико-геохимических принципах: электроразведка, высокоточная магнитка, радиогеохимия, и даже снеговая съемка. Эти виды исследований проведены под руководством и участием докторов и кандидатов наук СНИИГГиМС Г.М. Тригубовича, В.С. Моисеева, Н.И. Паули, Томского политехнического университета Л.Я. Ерофеева, Л.П. Рихванова, И.С. Соболева, В.П. Меркулова. На всех месторождениях выявленных технологией КОФиКС, где проводились эти работы, были выделены аномалии типа «залежь». На одном из выявленных КОФиКС Лайнвеберском месторождении, в пределах которого по экспертным оценкам извлекаемые запасы нефти могут составлять 98, 4 млн. тонн, газа 18 млрд. м³, была пробурена поисковая скважина. Эта

скважина вскрыла 8 продуктивных горизонтов. Из юрских и неокомских пластов получены притоки газа.

Выявленные технологией КОФиКС месторождения, приведенные на рисунке 3, располагаются на Барабинско-Пихтовской моноклинале и отнесены нами к Барабинско-Пихтовскому нефтегазоносному району (НГР) Обь-Чулымской нефтегазоносной области (НГО) [4]. (Рис. 5) Стратиграфический диапазон нефтегазоносности этих месторождений выделенных технологией КОФиКС, судя по разрезу скв. № 7, очень широк, от сеномана до палеозоя. Залежи контролируются ловушками разного типа от структурно-сводовых, стратиграфически и тектонически экранированных, до «шнурковых».

Исходя из новой парадигмы поиска месторождений, согласно которой первые поисковые скважины закладываются по данным технологии КОФиКС (такая возможность есть), после открытия этой скважиной месторождения намечаются оптимальные объемы сейсмических работ и начинается разведка месторождения. Месторождения Барабинско-Пихтовского НГР должны стать первоочередными объектами нефтяной промышленности Томской области, которые не только выведут её из кризиса, но дадут мощный толчок для развития. Вторым этапом выхода из кризиса томской нефтянки должны стать данные о месторождениях, выделенные технологией КОФиКС, в Чулымском нефтегазоносном районе (НГР) и данные сейсмических разрывов (Рис. 4 и Рис. 6). При испытании юрских пластов в 1 Чулымской опорной скважине отмечались переливы пластовой воды и притоки газа, это указывало на наличие залежей углеводородов в непосредственной близости от скважины. По данным КОФиКС в непосредственной близости от скважины выявлено крупное по площади месторождение углеводородов (Рис. 4).

Эти факты позволяют утверждать о возможностях открытия юрских залежей углеводородов в Тегульдетском НГР, тектонически связанные с Тегульдетской впадиной. Кроме этого высокие перспективы этой впадины мы связываем с палеозойскими отложениями. Во-первых, Тегульдетская впадина генетически связана с Минусинскими впадинами, где промышленная

газоносность этих отложений доказана. В Южно-Минусинской впадине, получен фонтан газа, в разные годы, на Ново-Михайловской площади, не считая многочисленных притоки нефти и газа из серии поисковых скважин. В Северо-Минусинской впадине также, имеются, естественные нефтепроявления и антраксолиты в куэстах в районе поселка Шира.

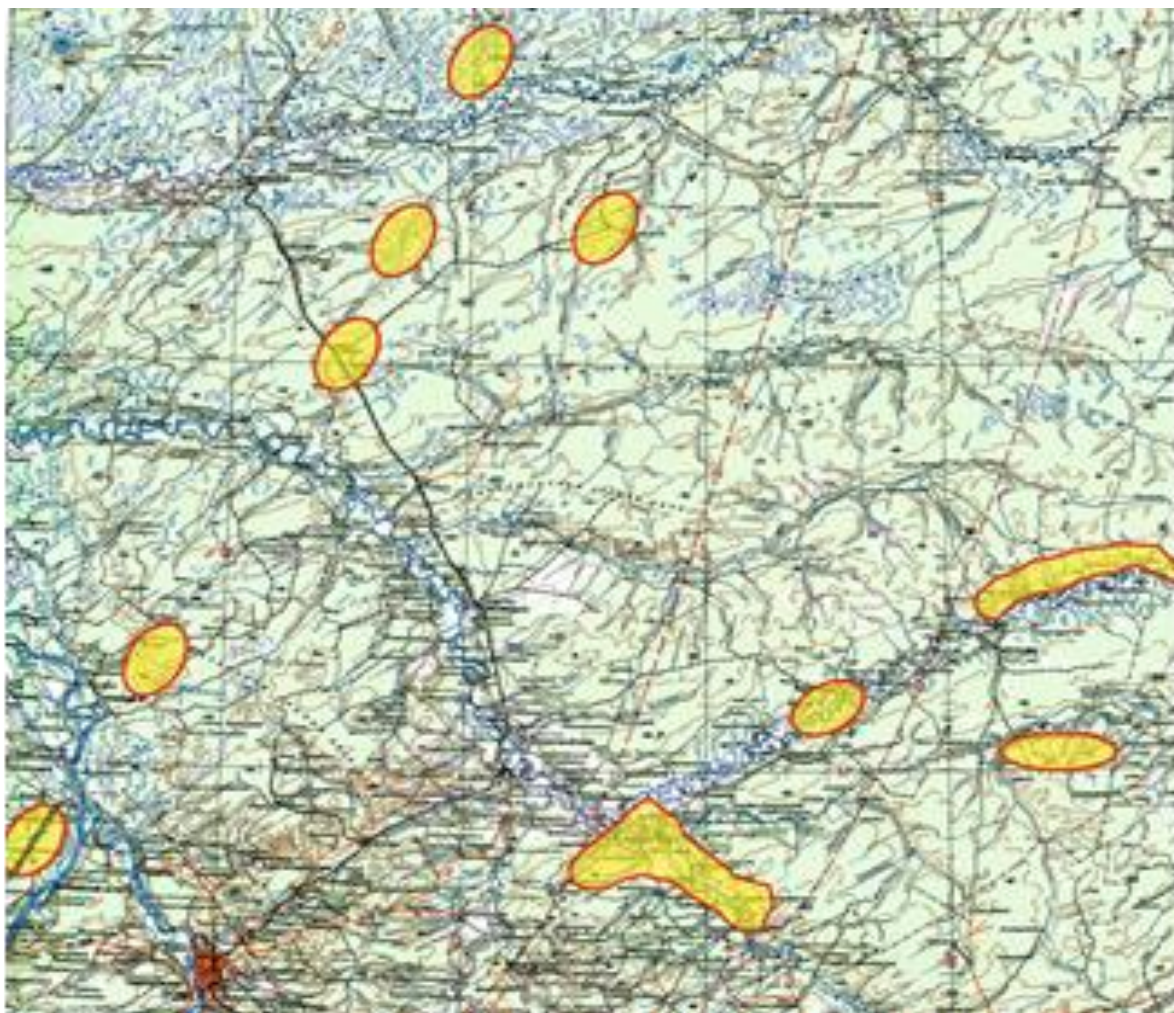


Рисунок 3. Схема расположения месторождений юго-востока Западной Сибири по данным КОФиКС в пределах Барабинско-Пихтовского НГР.

(АО «ТОМКО, 2004 г.)

Палеозойские отложения, Минусинских впадин в Тегульдетской менее дислоцированы и перекрыты мощным чехлом мезозойских отложений, что благоприятствовало сохранению палеозойских залежей в этой впадине.

Второе, геологическое строение и природа палеозойских отложений коренным образом отличается от строения палеозоя западной части области, в

которой сейсмические методы в диапазоне этого разреза не работают. В Тегульдетской впадине, проведенные по инициативе Ростовцева В.Н. и других авторов статьи [8] четыре сейсмических профиля, не только показали эффективность сейсмики для изучения палеозоя, но и наметили зоны, в пределах которых могут быть выявлены крупные по размерам и запасам перспективные объекты поиска нефтяных и газовых месторождений (рис.6).



Рисунок 4. Месторождения по данным КОФиКС выделенные
в Тегульдетском НГР

Академик А.А.Трофимук подчеркивал в личных беседах: «обосновать перспективы нефтегазоносности района, где уже открыты месторождения, это – не наука. Это описание фактов и объяснение их с той или иной позиции. Наука – когда по крупицам данных, на которые часто многие не обращают внимания, дается оценка перспективам нефтегазоносности и есть настоящая наука».

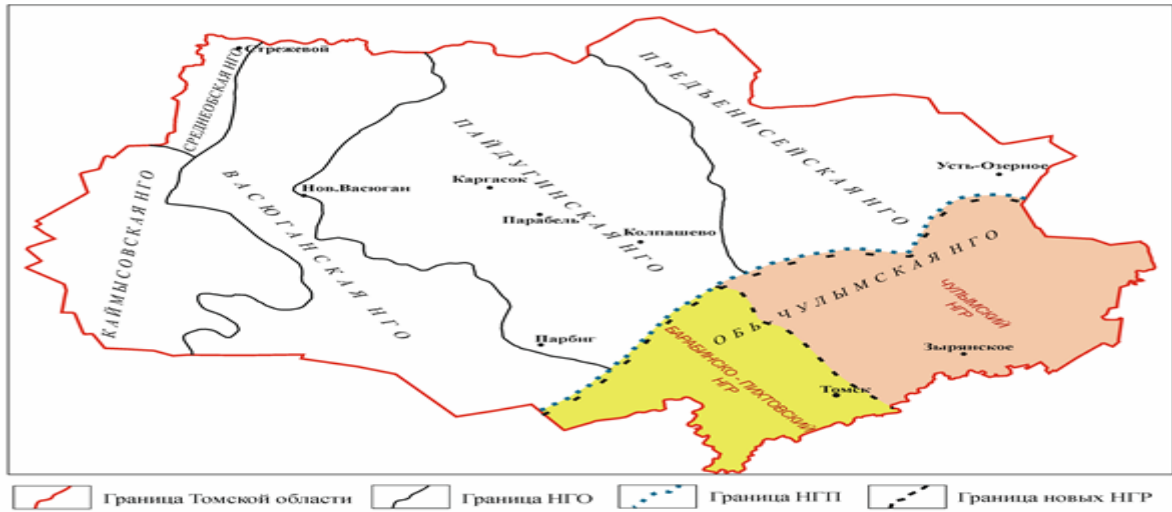


Рисунок 5. Новая НГО и новые НГР юго-востока Томской области. (АО «ТОМКО» 2019 г.)

Фрагмент регионального сейсмопрофиля выполненного с/п 118.07-09.20 по линии Карбинская(1)-Центральная часть Тегульдетской впадины.

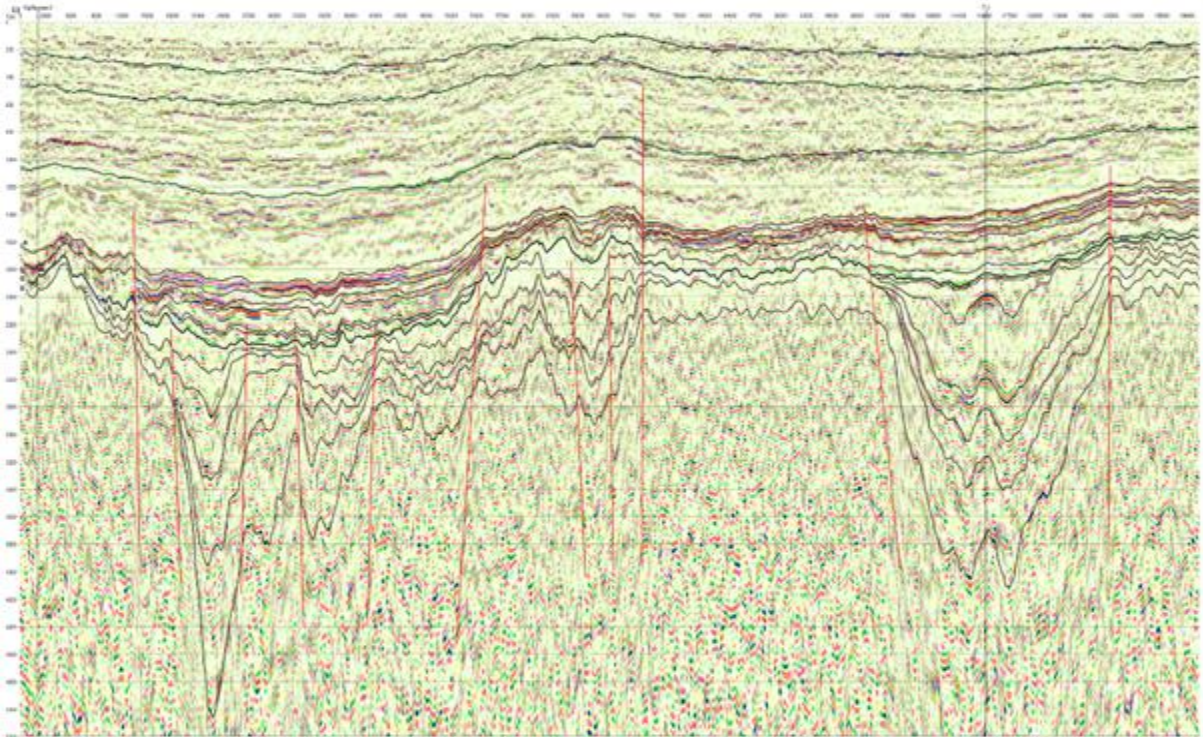


Рисунок 6. Сейсмопрофиль по данным Сысолятиной Г.А., Ткачук Н.В. Гачегова В.Г. 2009 г.

В центральной части профиля отчетливо намечается большая по площади палеозойская структура, осложненная глубоким прогибом. Эта структура

должна стать первоочередным объектом поиска палеозойской нефти в Томской области.

Заключение

По нашему мнению данная статья может рассматриваться как тезисы к большой комплексной программе развития нефтегазовой промышленности Томской области. Сложность реализации этой программы заключается в том, что у большинства авторитетных ученых и специалистов в Томском регионе и Министерстве природных ресурсов РФ сложилось твердое убежденность в бесперспективность восточных земель региона. В основе этой программы должна быть заложена новая парадигма поиска месторождений нефти и газа базирующаяся на инновационной технологии КОФиКС. Это позволит в короткие сроки вывести нефтяную отрасль региона на динамичное развитие и увеличение уровня добычи нефти до 10- 15 млн. тонн в год к 2030 году.

Список использованных источников

1. Конторович А.Э. Геохимические критерии нефтегазоносности мезозойских отложений юго-востока Западной Сибири (по результатам бурения скважин Восток-1, 3, 4) / А.Э.Конторович, Е.А. Костырева, В.Н. Меленевский и др. // Геология нефти и газа. - 2009. - № 1.
2. Ростовцев В.В., Ростовцев В.Н. Два подхода к оценке нефтегазоносности – два разных результата // Геология нефти и газа. – 2013. - №4 . С. 65-70.
3. 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. – 162 с.
4. Ростовцев В.В. Новые перспективные объекты для открытия крупных месторождений нефти и газа на юго-востоке Томской области/ В.В. Ростовцев Е.Ю. Липихина, В.Н.Ростовцев, В.В. Лайнвебнр, // Геология нефти и газа. -2019 - № 2.
5. Коровин М.К. Перспективы нефтегазоносности Западной Сибири.

– Новосибирск: АН СССР, Западно-Сибирский филиал, 1945. – 31 с.

6. Ростовцев В.В., Ростовцев В.Н. Оценка перспектив нефтегазоносности юго-востока Западной Сибири инновационной технологией // Вестник академии естественных наук. Западно-Сибирское отделение. – 2010. – Вып. 12. – С.80-85.

7. Нефть и газ Тюмени в документах (1901-1965 гг.) / Сборник. Т. 1. Свердловск: Изд-во Средне – Уральское, 1971. 340 с.

8. Ростовцев В.Н., Тищенко Г.И., Ростовцев В.В. Экспертная оценка перспектив нефтегазоносности Чулымской впадины. – Томск: Изд-во ТГУ, 2005. – 25 с.

УДК 553.982

ОСОБЕННОСТИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМОЙ НЕФТИ В АРКТИКЕ

И.Г. Ященко, Ю.М. Полищук

ФГБУН Институт химии нефти Сибирского отделения

Российской академии наук

Введение

Арктика включает северные окраины Евразии и Северной Америки, остров Гренландия, моря Северного ледовитого океана с островами, а также прилегающие акватории Атлантического и Тихого океанов. В состав Арктической зоны России (АЗР) законодательно [1, 2] отнесены полностью территории Мурманской области, Ненецкого, Ямало-Ненецкого и Чукотского автономных округов, отдельные северные административные образования Республик Карелии, Коми, Якутии, Красноярского края и Архангельской области.

В Арктике сконцентрированы крупнейшие запасы углеводородов. Запасы нефти и газа в этом регионе составляют 191 млрд баррелей нефтяного эквивалента. Согласно оценкам Национального нефтяного Совета США

(National Petroleum Council), в Арктике находится более 25 % мировых неразведанных запасов нефти и газа [3, 4]. Наибольшая часть ресурсного потенциала углеводородов (УВ) Арктики приходится на арктические зоны России и США (табл. 1).

Таблица 1 - Суммарные потенциальные ресурсы традиционных углеводородов Арктики и их распределение по странам (млрд. баррелей нефтяного эквивалента)

Арктические страны	Нефть	Газ	Газовый конденсат	Итого	Доли стран по запасам УВ в Арктике, %
США	34	60	7	101	19,2
Канада	15	19	2	36	6,8
Россия	36	251	29	316	60,1
Гренландия (Дания)	16	23	9	48	9,1
Норвегия	5	20		25	4,8
Итого	106	373	47	526	100 %

В мировой энергетике наблюдается переход на новые технологические процессы. Движущей силой такого перехода становятся изменения в топливно-энергетическом комплексе, связанные с экологической ситуацией и актуальностью энергосберегающих и ресурсосберегающих технологий. В мире за последние годы объем инвестиций в новые проекты в нефтедобыче, в частности, в Арктике, сокращается из-за привлекательности вложений в сферу возобновляемой энергетики при снижении сроков окупаемости данных проектов. Более того, обязательным условием недропользования в Арктике становится высокая степень экологической безопасности добычи и транспортировки ресурсов, соблюдение природоохранных требований и снижение углеродного следа по всей цепочке нефтегазового производства [5, 6]. Однако для России Арктика становится одной из важных территорий развития энергетических и других секторов экономики. В государственной политике Российской Федерации разработка перспективных арктических месторождений признается основой стабильного экономического роста, а также драйвером разработки и внедрения инновационных технико-экологических решений [6]. Крупномасштабное освоение нефтегазовых ресурсов Арктики является ключевым фактором развития удаленных регионов, позволяющим решать не

только отраслевые проблемы, но и способствовать социально-экономическому развитию северных территорий.

Основными целями развития нефтегазового комплекса в Арктике являются производство высокотехнологичной продукции для обеспечения национальных потребностей в энергоресурсах и стабильного экспорта; развитие собственных инновационных технологий и снижение импортозависимости отечественной промышленности; реализация геополитических интересов страны в арктическом регионе и увеличение грузопотока по Северному Морскому пути; содействие социально-экономическому развитию северных территорий и повышение устойчивости экономики в целом.

Суровые климатические и горно-геологические условия предопределяет сложность реализации проектов по освоению УВ Арктики [6]. Любого типа арктическая нефть по физико-химическим свойствам и/или условиям залегания является трудноизвлекаемой нефтью (ТИН) и требует для ее добычи и транспортировки не только значительных финансовых вложений, но и принципиально новых технологических решений. Недостаточное развитие технологий добычи и транспортировки ТИН требует более глубокого исследования особенностей физико-химических свойств таких нефтей, что и явилось целью настоящей работы.

Общая характеристика использованных данных

Основой проведения пространственного анализа распределения арктических ТИН и исследования закономерностей изменений физико-химических свойств нефти является информация из базы данных (БД) о свойствах нефтей, созданной и регулярно обновляемой в институте химии нефти СО РАН. В настоящее время в этой базе данных представлено 36945 образцов нефти и газа из 6530 месторождений в 195 нефтегазоносных бассейнах на территории 98 стран. Ввиду сложных горно-геологических и геокриологических условий Арктики большая часть запасов нефти на континентах и в акваториях северных морей относится к трудноизвлекаемым

[7-12], общая характеристика информации о которых в БД представлена в (табл. 2). В работе будет использована классификация ТИН [11], которой соответствует перечень видов ТИН, приведенный в табл. 2.

Таблица 2 – Объемы информации о трудноизвлекаемых нефтях в БД

Трудноизвлекаемые нефти		Объемы выборки
Нефти с аномальными свойствами	Тяжелая (плотность более 0,88 г/см ³)	9071
	Вязкая (вязкость более 35 мм ² /с при 20 °С)	5424
	Сернистая (содержание серы более 3 % мас.)	1514
	Смолистая (содержание смол более 13 % мас.)	2974
	Асфальтеновая (содержание асфальтенов более 10 % мас.)	591
	Парафинистая (содержание парафинов более 6 % мас.)	2871
	С высокой газонасыщенностью (более 500 м ³ /т)	159
	С низкой газонасыщенностью (менее 200 м ³ /т)	5774
	С высоким содержанием сероводорода (более 5 %)	146
	С высоким содержанием ванадия (более 0,003 % мас.)	824
	С высоким содержанием никеля (более 0,007 % мас.)	226
Нефти в сложных условиях залегания	Слабопроницаемые коллекторы (менее 0,05 мдм ²)	2572
	Коллекторы с низкой пористостью (менее 5 %)	441
	Большие глубины залегания (более 4500 м)	477
	В прерывисто-сплошной криолитозоне (Россия)	3703
	В островной криолитозоне (Россия)	4369
	Пластовая температура выше 100 °С	1350
	Пластовая температура ниже 20 °С	571

Для проведения исследований территорию Арктики удобно разделить на три крупных сектора: Североамериканский, Скандинавский и Российский. Данные о количестве месторождений ТИН в каждом секторе Арктики приведены в табл. 3, из которой видно, что количество месторождений в Российском секторе превышает количество месторождений в Североамериканском и Скандинавском секторах Арктики в 4 и 8 раз соответственно.

Таблица 3 – Распределение количества месторождений по бассейнам и секторам Арктической зоны

Сектор Арктики	Нефтегазоносные бассейны	Количество месторождений УВ
Североамериканский	Арктического склона Аляски, Бофорта, Залив Кука, Западно-Канадский, Прилабрадорский, Сведруп	178

Скандинавский	Западно-Шотландский, Норвежскоморский, Хаттон, Центрально-Европейский, Шетландско-Фарерский	90
Российский	Баренцево-Карский, Восточно-Арктический, Енисейско-Анабарский, Западно-Сибирский, Лаптевский, Лено-Виллойский, Лено-Тунгусский, Пенжинский, Притихоокеанский, Тимано-Печорский, Усть-Индибирский, Южно-Чукотский	770

Анализ информации из БД позволил установить 15 уникальных по запасам месторождений, из них 11 месторождений являются российскими из Западно-Сибирского, Тимано-Печорского и Баренцево-Карского нефтегазоносных бассейнов (НГБ). К ним относятся Пахтусовское месторождение в Баренцево-Карском бассейне, Уренгойское, Повховское, Русское, Северо-Комсомольское, Суторминское, Ванкорское, Самбургское, Восточно-Мессояхское в Западно-Сибирском бассейне, Северо-Долгинское и Южно-Хыльчюуское в Тимано-Печорском бассейне. Всего для Российского сектора установлено 75 уникальных и крупных месторождений, составляющих почти 10 % от 770 месторождений (табл. 2). Больше всего арктических месторождений находится в Западно-Сибирском бассейне – почти 52 % от всех арктических месторождений, около 15 % – в Тимано-Печорском НГБ, 3 % месторождений - в Енисейско-Анабарском бассейне, около 4 % арктических месторождений суммарно сосредоточено в следующих НГБ: Баренцево-Карском, Лено-Тунгусском, Притихоокеанском и Лено-Виллойском. В табл. 4 дано распределение ТИН по секторам Арктики. Как видно из табл. 4, наибольшее количество тяжелых, вязких, смолистых, парафинистых и обедненных газом нефтей сосредоточено в Арктической зоне России (АЗР).

Таблица 4 - Сравнение числа разных типов ТИН в Российском и других секторах Арктики

Тип трудноизвлекаемой нефти	Количество образцов (Россия)	Количество образцов (не Россия)
Тяжелая	360	113
Вязкая	127	18
Сернистая	18	15
Смолистая	198	8

Асфальтеная	16	35
Парафинистая	366	6
С высокой газонасыщенностью	17	Нет данных
С низкой газонасыщенностью	391	14
С высоким содержанием сероводорода	2	Нет данных
С высоким содержанием ванадия	40	12
С высоким содержанием никеля	15	5
В слабопроницаемых коллекторах	308	9
В низкопористых коллекторах	7	17
С большой глубиной залегания	56	Нет данных
С высокой пластовой температурой	77	3
С низкой пластовой температурой	32	2

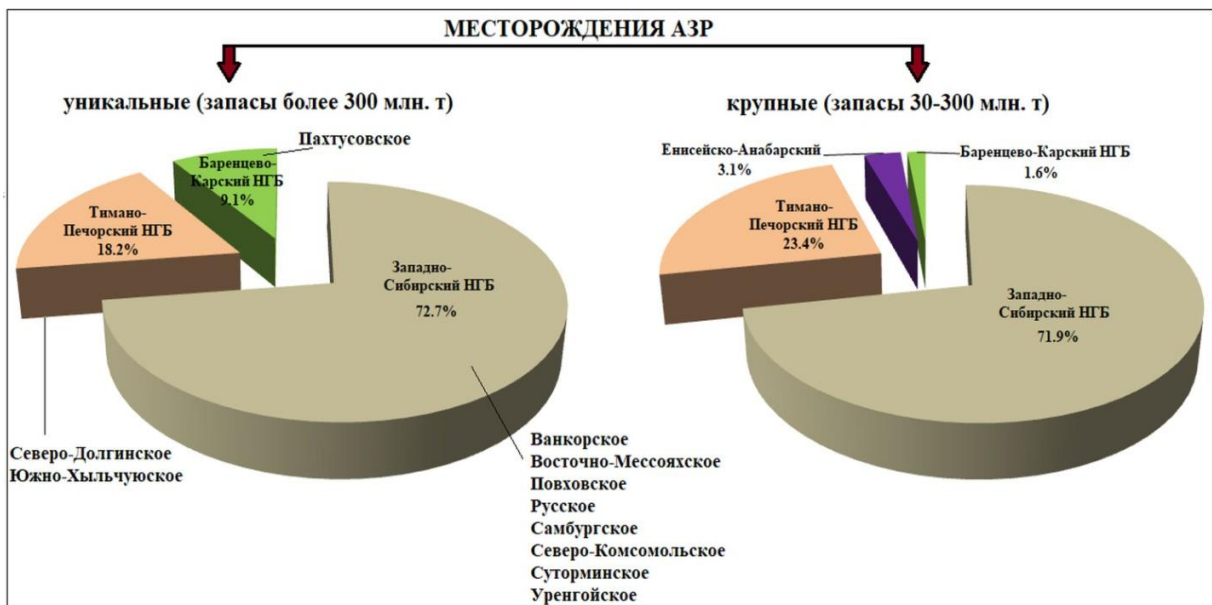


Рисунок 1. Распределение крупных и уникальных по запасам арктических месторождений в нефтегазоносных бассейнах Арктической зоны России

Рассмотрим распределение месторождений Арктической зоны России (АЗР) по объемам запасов и по нефтегазоносным бассейнам (НГБ). На рис. 1 представлены диаграммы распределения крупных и уникальных месторождений АЗР. Как видно из рис. 1, наибольшее количество крупных (почти 72 %) и уникальных (около 73 %) по запасам месторождений сосредоточено в Западно-Сибирском НГБ. В Тимано-Печорском НГБ, занимающем следующую позицию в распределении бассейнов по числу месторождений, крупные месторождения составили 23 %, а уникальные - более 18 %.

Результаты

Проведем анализ изменения физико-химических свойств ТИН по арктическим секторам. Данные о физико-химических свойствах арктических нефтей из рассматриваемых трех секторов Арктики приведены в табл. 5, из которой видно, что средние значения показателей значительно отличаются. В дальнейших исследованиях будем использовать классификацию нефтей, представленную в нашей монографии [11]. Исследование особенностей физико-химических свойств в разных секторах Арктической зоны, проведенное с использованием указанной классификации нефтей [11], показало (табл. 5), что нефти, приуроченные к территории Североамериканского сектора, являются тяжелыми, содержат значительно больше серы, смол и асфальтенов (на порядок и более), но меньше парафинов (практически в 5 раз), отличаются меньшей газонасыщенностью. А нефти Российского сектора относятся к классу нефтей со средней плотностью и характеризуются высокой вязкостью при 20 °С (вязкость выше, чем в нефтях Североамериканского сектора в 10 раз, а Скандинавского сектора – в 46 раз). Нефти Скандинавского сектора являются наиболее качественными – обладают средней плотностью, маловязкие, с наименьшим содержанием серы, асфальтенов и металлов, но с повышенным содержанием парафинов и нефтяного газа. Заметим, что нефти всех трех рассматриваемых секторов Арктики отличаются относительно низким содержанием серы и смол по сравнению с нефтями неарктических территорий.

Таблица 5 – Физико-химические свойства нефтей Арктической зоны

Показатель	Североамериканский сектор	Скандинавский сектор	Российский сектор
Плотность, г/см ³	0,8835	0,8505	0,8414
Вязкость при 20 °С, мм ² /с	31,27	8,19	378,10
Вязкость при 50 °С, мм ² /с	30,70	5,54	16,69
Содержание серы, % мас.	0,92	0,36	0,60
Содержание парафинов, % мас.	1,24	5,88	5,18
Содержание смол, % мас.	7,20	–	5,22
Содержание асфальтенов, % мас.	10,63	0,48	1,71
Газосодержание, м ³ /т	113,43	184,50	142,04
Содержание ванадия, % мас.	0,004	0,0002	0,004
Содержание никеля, % мас.	0,001	0,0001	0,003

Рассмотрим подробнее свойства ТИН Российского сектора. Средние значения физико-химических характеристик ТИН Сибирской и Европейской частей АЗР представлены в табл. 6, из которой видно, что нефти в разных бассейнах имеют значительные различия между собой по физико-химическим свойствам. Так, нефти в Лено-Тунгусском бассейне по классификации нефтей [11] являются тяжелыми (с плотностью более $0,88 \text{ г/см}^3$). К классу нефтей средней плотности относятся енисейско-анабарские и тимано-печорские нефти, а к классу легких -нефти Баренцево-Карского, Западно-Сибирского и Притихоокеанского НГБ. По вязкости нефти Тимано-Печорского бассейна соответствуют сверхвязким нефтям, к высоковязким относятся нефти Енисейско-Анабарского бассейна, с повышенной вязкостью – нефти Западно-Сибирского бассейна, со средней вязкостью – нефти Лено-Тунгусского НГБ, а нефти Баренцево-Карского и Притихоокеанского бассейнов являются маловязкими. Положительной температурой застывания отличаются нефти Притихоокеанского и Тимано-Печорского НГБ.

По содержанию серы арктические нефти Баренцево-Карского, Западно-Сибирского и Притихоокеанского бассейнов характеризуются как малосернистые (менее 0,5 % мас.). Наиболее высокое содержание серы установлено в нефти Лено-Тунгусского бассейна (1,45 % мас.). К высокопарафинистым нефтям (содержание более 6 % мас.) относятся нефти Притихоокеанского и Тимано-Печорского НГБ. Содержание смол и асфальтенов самое минимальное в нефти Западно-Сибирского бассейна, а самое максимальное – в нефти Лено-Тунгусского НГБ. В среднем арктические нефти Сибири по плотности не отличаются от скандинавских арктических нефтей, но наименее вязкие. Сибирские арктические нефти отличаются более высоким содержанием смол, парафинов, асфальтенов, нефтяного газа, ванадия, углекислоты и повышенной коксуюмостью. Однако наиболее качественная нефть находится в Баренцево-Карском нефтегазоносном бассейне.

Арктика отличается большими запасами тяжелых и вязких нефтей – это нефти уникальных и крупных по своим запасам месторождений: Русское,

Северо-Комсомольское, Новопортовское, Комсомольское, Вынгапуровское, Западно-Мессояхское, Тазовское в Западно-Сибирском НГБ, Наульское, Ярегское, Медыньское-Море, Приразломное, Сюрхаратинское, Торавейское в Тимано-Печорском НГБ, Оленекское в Лено-Тунгусском НГБ и др. Одной из важных особенностей тяжелой нефти является возможность получения низкотемпературных масел и дорожных битумов, которые весьма эффективны в критических условиях Арктики [13].

Данные об изменении показателей физико-химических свойств арктических тяжелых и вязких нефтей на территориях секторов приведены в табл. 7. Показано, что тяжелые и вязкие нефти, приуроченные к территории Российского сектора, по сравнению с аналогичными нефтями Североамериканского и Скандинавского секторов являются самыми тяжелыми и вязкими, содержат значительно больше серы и парафинов (выше почти в 1,5–2 раза). Тяжелые нефти Североамериканского сектора отличаются высоким содержанием асфальтенов (выше в 3–10 раз), являются «высокоасфальтеновыми». Тяжелые нефти Скандинавского сектора наименее тяжелые и средневязкие, с низким содержанием серы и асфальтенов.

Таблица 6 - Физико-химические свойства нефтей по бассейнам Сибирско-Дальневосточной и Европейской частей АЗР

Физико-химические показатели	Сибирско-Дальневосточная часть Арктики				Среднее значение	Европейская часть Арктики		Среднее значение
	Енисейско-Анабарский	Западно-Сибирский	Лено-Тунгусский	Притихо-океанский		Баренцево-Карский	Тимано-Печорский	
Плотность, г/см ³	0,8567	0,8192	0,8847	0,8175	0,8445	0,8123	0,8760	0,8442
Вязкость при 20 °С, мм ² /с	101,85	38,06	31,08	2,62	43,40	1,40	999,07	500,24
Температура застывания, °С	-27,67	-25,76	-58,00	23,60	-21,96	-54,00	3,58	-25,21
Содержание серы, % мас.	0,80	0,20	1,45	0,10	0,64	0,04	1,29	0,67
Содержание парафинов, % мас.	2,36	4,27	0,95	14,08	5,42	0,09	7,33	3,71
Содержание смол, % мас.	10,81	4,05	11,58	6,80	8,31	0,46	6,45	3,25
Содержание асфальтенов, % мас.	5,20	0,62	5,58	2,38	3,45	0,05	3,02	1,54
Газосодержание, м ³ /т	-	161,89	-	67,18	114,54	-	105,17	105,17
Коксуемость, % мас.	5,36	1,56	-	1,90	2,94	-	1,37	1,37
Содержание ванадия, % мас.	-	0,00034	0,0277	0,00001	0,01	0,00001	0,0051	0,0026
Содержание никеля, % мас.	-	0,00020	0,0066	0,00002	0,0023	-	0,0099	0,0099
Содержание углекислого газа, % мас.	0,63	0,82	-	1,15	0,87	0,26	0,74	0,50
Содержание сероворода Н ₂ S, % мас.	-	0,56	-	-	0,56	-	1,97	1,97

Таблица 7 – Физико-химические свойства тяжелых и вязких нефтей Арктической зоны

Показатель	Североамериканский сектор	Скандинавский сектор	Российский сектор
Плотность, г/см ³	0,9107	0,8955	0,9250
Вязкость при 20 °С, мм ² /с	37,68	22,67	621,40
Вязкость при 50 °С, мм ² /с	30,30	10,14	60,53
Содержание серы, % мас.	1,16	0,48	1,60
Содержание парафинов, % мас.	1,07	1,60	2,68
Содержание асфальтенов, % мас.	12,85	1,00	3,57

В таблице 8 приведена общая характеристика информации из БД о физико-химических свойствах тяжелых и вязких нефти на территории АЗР. Сравнительный анализ показал, что более тяжелыми и вязкими являются нефти Европейской части, обладают положительной температурой застывания, что характеризует ухудшение реологических свойств нефти. Содержание парафинов, асфальтенов, серы и металлов также более высокое по сравнению с нефтями Сибирской части АЗР. Содержание смол и нефтяного газа существенных различий не имеет. Тяжелые и вязкие нефти Сибирской части АЗР характеризуются более низкими значениями вязкости, самыми низкими концентрациями асфальтенов, серы и металлов. Температура застывания находится в диапазоне отрицательных температур. Установленные отличия определяют особенности разработки, добычи и транспортировки тяжелых и вязких нефтей в условиях критически низких температур, что очень актуально для современной России.

Таблица 8 - Физико-химические свойства тяжелых и вязких нефтей Европейской и Сибирско-Дальневосточной частей АЗР

Показатели	Европейская часть Арктики		Сибирско-Дальневосточная часть Арктики	
	Тяжелые нефти	Вязкие нефти	Тяжелые нефти	Вязкие нефти
Физические показатели				
Плотность, г/см ³	0,9439	0,9065	0,9192	0,9231
Вязкость при 20 °С, мм ² /с	752,87	2548,38	396,87	268,11
Температура застывания, °С	5,70	10,56	-30,88	-29,41
Химических показатели				
Содержание парафинов, мас. %	2,82	6,07	1,55	2,84
Содержание смол, мас. %	10,70	8,89	10,15	10,00
Содержание асфальтенов, мас. %	5,70	4,83	1,82	1,50

Содержание серы, мас. %	2,23	1,96	0,48	0,50
Газосодержание в нефти, м ³ /т	31,03	66,74	38,21	-
Содержание ванадия, мас. %	0,0128	0,0030	0,0025	0,0006
Содержание никеля, мас. %	0,0053	0,0032	0,0004	0,0004

Заключение

В статье проведен сравнительный анализ физико-химических свойств ТИН в арктических регионах. Проведенные в работе исследования закономерностей изменений физико-химических свойств нефти Арктики основаны на информации из базы данных о свойствах нефтей, включающей описания нефтей из различных нефтедобывающих регионов мира. В исследованиях использована разработанная авторами ранее классификация трудноизвлекаемых нефтей. Как известно, в целом АЗР имеет недостаточно высокую степень разведанности суммарных ресурсов нефти и газа - от 3 % до 25 %. Наиболее высокой степенью разведанности от 38 % до 57 % характеризуются территории Ненецкого и Ямало-Ненецкого АО [3, 4].

В последнее время Правительством России уделяется большое внимание развитию нефтегазовой отрасли макрорегиона и увеличению мер поддержки геологоразведки и технологического оснащения арктических месторождений ТИН. Так, некоторые разрабатываемые и планируемые проекты и мероприятия и проблемы их реализации рассматриваются в [14, 15]. В реализации мероприятий, направленных на развитие, освоение и переработку нефтей Арктики могут быть использованы результаты исследований, представленные в настоящей работе.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИХН СО РАН, финансируемого Министерством науки и высшего образования Российской Федерации (НИОКТР 121031500048-1).

Список использованных источников

1. Указ Президента РФ «О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации» от 2 мая 2014 г. № 296. - URL: <http://static.kremlin.ru/media/acts/files/0001201405050030.pdf> (дата обращения: 11.05.2022 г.)

2. Указ Президента РФ "О внесении изменений в Указ Президента Российской Федерации от 2 мая 2014 г. № 296 "О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации" от 27 июня 2017 г. № 287. - URL: <http://static.kremlin.ru/media/acts/files/0001201706270043.pdf> (дата обращения: 15.05.2022 г.)

3. Юдин С.С., Череповицын А.Е. Концептуальные подходы обеспечения устойчивости промышленных нефтегазовых систем Арктики // Российский экономический интернет-журнал. 2021. № 4. URL: <http://www.e-rej.ru/upload/iblock/e2b/e2b5ed53638f66f692ec364b69af5a5b.pdf> (дата обращения: 18.03.2022 г.)

4. Сафонова Т.Ю. Перспективы российской нефтегазодобычи в Арктике: от обвала до развития // Креативная экономика. 2020. Том 14. № 10. С. 2569-2590.

5. Алексеева М.Н., Сваровская Л.И., Яценко И.Г. Экологические риски нефтезагрязнения в Арктической зоне // Химия в интересах устойчивого развития. 2020. № 28. С. 223-228.

6. Брехунцов А.М., Петров Ю.В., Прыкова О.А. Экологические аспекты развития природно-ресурсного потенциала российской Арктики // Арктика: экология и экономика. 2020. № 3 (39). С. 34-47.

7. Sidortsov R. A perfect moment during imperfect times: Arctic energy research in a low-carbon era // Energy Research & Social Science. 2016. V. 16. P. 1–7.

8. Harsem O., Eide A., Heen K. Factors influencing future oil and gas prospects in the Arctic // Energy Policy. 2011. V. 39. № 12. P. 8037–8045.

9. Piskarev, A. L., Shkatov M. Yu. Potential Oil-and-Gas Presence in the Sedimentary Basins of the Arctic Seas of Russia as Compared with the Largest Developed Basins of the World Ocean // Developments in Petroleum Science. 2012. V. 58. P. 197–276.

10. Конторович, А. Э. Энергоресурсы Российского сектора Арктики, главные направления и методы их освоения / А. Э. Конторович // Научно-технические проблемы освоения Арктики. Научная сессия Общего собрания

членов РАН 16 декабря 2014 г. / Российская академия наук. – Москва : Наука. 2014. С. 31–39.

11. Яценко И.Г., Полищук Ю. М. Трудноизвлекаемые нефти: физико-химические свойства и закономерности размещения / Под ред. А. А. Новикова. – Томск: В-Спектр. 2014. 154 с.

12. Яценко И.Г. Глубокозалегающие трудноизвлекаемые нефти - закономерности размещения и физико-химические свойства // Вестник Института геологии Коми научного центра УрО РАН. 2014. № 11(239). С. 3-6.

13. Хлюпин П.А., Хазиева Р.Т., Вахеди А. Разработка новых электротехнологических систем и комплексов в добыче трудноизвлекаемых запасов нефти // Научные труды НИПИ Нефтегаз ГНКАР. 2021. № S. С. 125–137.

14. Аналитический бюллетень / Нефтегазодобывающая и нефтеперерабатывающая промышленность: Тенденции и прогнозы. - Рейтинговое агентство ООО «РИА Рейтинг», выпуск 45, итоги 2021 года. 49 с.

15. Бортников Н.С. Стратегические минеральные ресурсы российской Арктики и проблемы их освоения // Научно-технические проблемы освоения Арктики. Научная сессия Общего собрания членов РАН 16 декабря 2014 г. / Российская академия наук. - М.: Наука, 2014. - С. 40-47.

ГЕОТЕХНОЛОГИЯ И ГЕОМЕХАНИКА

УДК 532.584622.333

АЛЛЕЯ ГЕОЛОГОВ В ТОМСКЕ. ИСТОКИ

А.Я. Пшеничкин¹, В.А. Домаренко²

*¹Заслуженный геолог России, руководитель лаборатории золота-платины,
профессор РАЕ*

²Заслуженный геолог России, член-корреспондент РАН

В 2008 году была организована Международная конференция (форум), посвящённая 100-летию со дня выпуска первых горных инженеров геологов и горняков Горного отделения Томского технологического института имени Императора Николая II и 90-летию Сибгеолкома. Среди первых были будущие академики горный инженер – геолог Михаил Антонович Усов и горный инженер Д.А. Стрельников.

Основателем и первым деканом Горного отделения был первый практический геолог Сибири, выпускник С-Петербургского Горного института Владимир Афанасьевич Обручев (1863-1956), которого в 1901 г. пригласил на должность декана директор института Ефим Лукьянович Зубашев.

Отличительной особенностью Обручева как учёного и педагога было тесное взаимодействие теории с практикой. Его студенты с первых курсов проходили практики на рудниках и приисках, в геологических экспедициях. Такой подход стал основой успехов томской горно-геологической школы. За 123 года в стенах ТТИ–ТПИ–ТПУ были подготовлены десятки тысяч высококлассных специалистов: геологов, гидрогеологов, геофизиков, буровиков, редкометалльщиков, работников нефтяной и газовой отрасли, экологов. В результате их самоотверженного труда было открыто и изучено в Сибири и других регионах страны огромное количество месторождений, в том числе стратегически важного минерального сырья, что позволило обеспечить независимость и национальную безопасность нашей Родины.

Среди выпускников-геологов ТТИ–ТПИ–ТПУ более 20 академиков и членов корреспондентов АН СССР и РАН, более 20 героев Социалистического труда, около 100 Лауреатов Ленинской, Сталинской и Государственной премий, более 600 первооткрывателей месторождений гидроминерального сырья, угля, золота, алмазов, нефти, редких и радиоактивных металлов. Труд наших выпускников геологов и учёных отмечен почётными званиями и наградами Родины, их именами названы горные хребты и вершины гор, ледники и реки, площади и улицы городов и сёл, пароходы и месторождения, ископаемая флора и фауна. Ими открыты и впервые описаны более 70 новых минералов и минеральных видов, 13 минералов названы в честь наших учёных-геологов: обручевит, сатпаевит, урванцевит, усовит, шаховит, васильевит, гречищевит, ивановит, кузнецовит, кузьминит, наследовит, русаковит. Об этом мы должны помнить всегда, и мы обязаны продолжать воспитание молодёжи и студентов в духе патриотизма и преемственности поколений геологов.

Инициаторами и главными организаторами Форума, посвящённого 100-летию со дня выпуска первых горных инженеров геологов и горняков Горного отделения Томского технологического института имени Императора Николая II и 90-летию Сибгеолкома были авторы этой статьи, зам. директора института геологии и нефтегазового дела по науке и инновациям ТПУ Виктор Алексеевич Домаренко и Анатолий Яковлевич Пшеничкин - зав. лабораторией геологии золота. Идею Форума одобрили председатель Комитета по недропользованию по Томской области А.В. Комаров и зам. губернатора Томской области В.Г. Емешев, который возглавил оргкомитет по подготовке Форума. В оргкомитет вошли ученые геологи ТПУ, ТГУ и руководители ведущих организаций нефтегазового комплекса и геологи-рудники.

В рамках подготовки Форума были изданы под редакцией В.А. Домаренко «Материалы...» в трех томах, книга – альманах «Томская школа первооткрывателей», и одноименный «Атлас ...» в камне, создан стенд «Томская школа первооткрывателей», изданы рукопись первого выпускника

Горного отделения Михаила Антоновича Усова «Полезные ископаемые» (кстати первый учебник такого рода в СССР), и первого Председателя Сибгеолкома П.П. Гудкова «Петрография» – первооткрывателя месторождений золота на о. Русский и калифорнийской нефти. Кроме того был составлен альманах «Маршрут длиной в 100 лет» (главный редактор Т.Н. Прилепских, ответственный редактор В.А. Домаренко), в котором красочно и достаточно высокохудожественно рассказано о славной истории сибирской школы геологов и горняков

Инициаторы проведения форума В.А. Домаренко и А.Я. Пшеничкин предложили увековечить достижения Томской горно-геологической школы и создать в честь геологов – первооткрывателей Аллею Геологов. Инициатива была одобрена оргкомитетом и Аллея была создана.



Рисисунок 1. Инициаторы проведения форума (слева) и памятный камень в граните в знак основания Аллеи Геологов (справа)

Все финансовые затраты по обустройству Аллеи, созданию памятных камней и карты минерально-сырьевой базы Томской области в камне взяли на себя предприятия –недропользователи, флаги которых дополняют облик Аллеи. Следует отдать должное зам. губернатора Томской области Владимиру Георгиевичу Емешеву, благодаря неумемной энергии и организаторскому таланту которого и состоялось столь грандиозное и знаковое мероприятие.



Рисунок 2. Флаги организаций недропользователей, принявших участие в финансировании создания Аллеи Геологов

До последнего времени она была первым и единственным памятником такого рода. Спустя десятилетия возникли скверы геологов в гг. Новокузнецке и Красноярске, а в 2019г – Аллея Геологов в республике Беларусь. Однако по размаху и наполнению наша Аллея не имеет равных в мире.

Торжественное открытие Аллеи геологов было осуществлено 11 ноября 2008 года при большом стечении геологической общественности Томска, преподавателей, студентов и представителе администрации города



Рисунок 3. Торжественное открытие Аллеи Геологов

Почетным гостем мероприятия стала внучка профессора Обручева Наталья Владимировна. Наталья Владимировна, поблагодарила всех за внимание и почтение,



Рисунок 4. Почетный гость Форума, внучка В.А. Обручева оказанное
Владимиру Афанасьевичу

- Он очень любил Томск и очень любил Политехнический институт. Дедушка вложил в это место всю свою душу, без остатка. И, несмотря на то, что его вынудили покинуть стены ТПИ, он до конца жизни вспоминал с большой теплотой это место, – сказала Наталья Владимировна.

Несомненным украшением Аллеи является скульптурная группа «Рудокоп и рудознатец», выполненная под руководством скульптора Леонтия Усова.

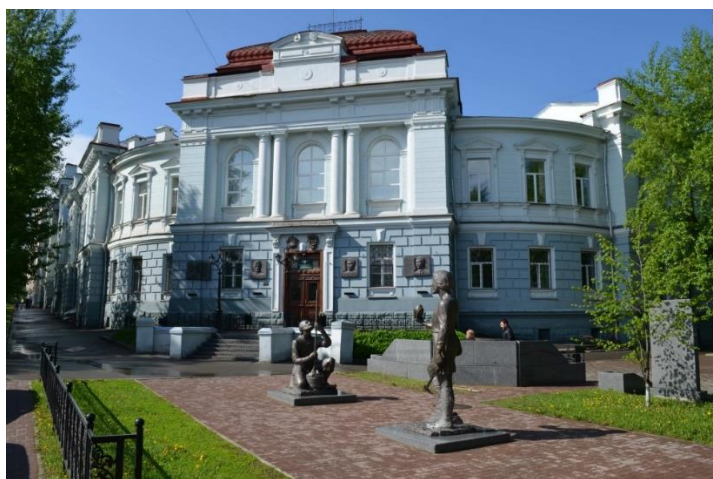


Рисунок 5. Скульптурная группа «Рудокоп и Рудознатец» в центре Аллеи
Геологов на будущей площади Обручева

Прекрасно дополняет Аллею и красивый блок мраморизованного известняка с надписью, посвящённый томичам - первооткрывателям нефтяных и газовых месторождений в Томской области



Рисунок 6. Стела в честь геологов нефтяников – первооткрывателей томской нефти

По праву главным наполнением Аллеи являются памятники академикам СССР В.А. Обручеву, М.А. Усову и К.И. Сатпаеву.



Рисунок 7. Памятники академикам (слева направо) В.А. Обручеву, М.А. Усову, К.И. Сатпаеву на Аллее Геологов

В «Ночь музеев» 20 мая 2022 г. в Томском Горном корпусе Томского политехнического университета прошла выставка известного томского скульптора, заслуженного художника России Леонтия Усова. В экспозицию вошли девять скульптурных работ автора, одна из которых посвящена выдающемуся ученому-политехнику, геологу, путешественнику и писателю-фантасту, профессору Владимиру Обручеву и представлена в Мемориальном кабинете академиков В.А. Обручева и М.А. Усова.

«Появление скульптуры Владимиру Обручеву — действительно большое событие для Томского политехнического университета. Сегодня мы будем говорить о людях, в лучах славы которых греется университет. Они были подвижники, для них работа и хобби сочетались в едином образе, и они являются для нас примером, как и Владимир Обручев», — сказал экс-ректор ТПУ, руководитель учебно-научного центра ТПУ «Организация и технологии высшего и профессионального образования» Юрий Похолков .

Леонтий Усов отметил: «Мы гордимся, что этот ученый творил и работал в Томском политехническом университете, и что дух его живет здесь, в его кабинете, до сих пор, а у нас появилась возможность воздать должное его величию. Инициативная группа, руководимая А.Я. Пшеничкиным, продолжает сбор подписей под петицией о создании в центре Аллеи Геологов площади Обручева. И мы надеемся - площади Обручева быть.

Список использованных источников

1. Маршрут длиной в 100 лет. Геологическая хроника: взгляд из Томска. – Томск: Изд. дом «Томский потенциал, 2008. – 330 с.

2. Зинченко Наталья Ивановна. Иваново городище или Воспоминания по звуку музыки. – Томск: ПК «Скорость Цвета», 2002. – 138 с.

Дмитриенко Н.М. День за днём, год за годом: хроник жизни Томска в XVII-XX столетиях. – Томск: Изд. ТГУ, 2003

УДК 622.831

ЧИСЛЕННАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГЕОТЕКТОНИЧЕСКОГО ПОЛЯ НАПРЯЖЕНИЙ В ГЕОМАССИВЕ НА ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТОК

В.Н. Фрянов, Л.Д. Павлова

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

Введение

Массив горных пород [1] характеризуется пространственной изменчивостью физико-механических свойств пород, газоносности, обводнённости и природного напряжённого состояния. Эти факторы оказывают негативное влияние на устойчивость подземных выработок и безопасность технологических процессов и операций в виде локальных обрушений пород кровли и пучения пород почвы, внезапных прорывов флюидов, горных ударов и внезапных выбросов угля, породы и газа. Влияние указанных факторов и формы их проявления при разном уровне изученности представлены в научных публикациях [2-6].

В меньшей степени исследовано влияние неравномерного геотектонического поля напряжений на устойчивость подземных выработок при разной их ориентировке относительно вектора максимальных горизонтальных напряжений. Согласно результатам исследований, представленных в работах [7-9], движение и деформации углепородной толщи Кузбасса происходят под воздействием давления на окружающий угольный бассейн горных цепей Салаира, Колывань-Томской складчатой зоны и Кузнецкого Алатау. При движении и деформациях горных масс возникла блочная структура, изменилось природное гравитационное напряжённое состояние массива горных пород. Эти процессы продолжаются и в настоящее время при изменении не только природного поля напряжений, но и техногенных полей напряжений, возникающих под влиянием циклических зависаний и обрушений породных плит кровли в шахтах, массовых взрывов и

перемещений вскрышных пород на карьерах, горных ударов и внезапных выбросов угля, породы и газа. Это явление в геотектонике характеризуется как возрастающая наведённая техногенная активность [10, 11].

Наличие в Кузбассе брахисинклиналей, моносинклинальных зон, крупных и мелких разрывных нарушений подтверждает сложное геодинамическое состояние в пределах Томь-Усинского, Мрасского, Кондомского, Ерунаковского геологических участков Кузбасса. Динамические проявления горного давления и прорывы газа метана зафиксированы в забоях подготовительных выработок, на сопряжениях длинных очистных забоев и выемочных выработок, в угольных целиках в зоне влияния опорного горного давления. Эти явления сопровождаются групповыми несчастными случаями, авариями с длительной остановкой горных работ на профилактику.

Напряжённое состояние массива горных пород, осложнённое складчатыми структурами и разрывными нарушениями, существенно отличается от гравитационного поля напряжений А.Н. Динника [12]. Учитывая, что в действующих нормативных документах, например [13, 14], не учитывается неравномерность распределения геодинамических горизонтальных напряжений при выборе пространственного положения системы подземных выработок, то на некоторых шахтах Кузбасса расчётные параметры крепи выработок, ширины угольных целиков не обеспечивают эксплуатационную устойчивость горных выработок.

Согласно результатам исследований [7, 9] детального геодинамического районирования углепромышленных районов Кузбасса выявлены активные разломы и связи их с крупными геодинамическими структурами. С учётом нарастания техногенной нагрузки на углепромышленные районы Кузбасса, согласно результатам исследований [15, 17], следует ожидать активизацию процессов формирования блочной структуры массива горных пород и взаимного движения блоков. При этом происходит изменение напряжённо-деформированного состояния массива горных пород и рост по некоторым направлениям горизонтальных напряжений.

Для определения вектора главных горизонтальных напряжений в массиве горных пород применяются методы полной или частичной разгрузки. Метод полной разгрузки керна в торце скважины применяется, как правило, на рудниках при прочности пород на сжатие более 60 МПа. В угольных пластах при прочности угля 10-15 МПа наиболее адекватные реальным получаются результаты измерения напряжений методом частичной разгрузки пласта скважиной на контуре выработки с определением модуля деформации по результатам нагружения стенок скважины [16, 18]. Полученные результаты натурных измерений напряжений подтверждают изменчивость горизонтальных напряжений в пределах шахтного поля и необходимость выбора оптимального положения подземных выработок относительно вектора максимальных горизонтальных напряжений [19].

Основная задача исследований: выявление закономерностей изменения геомеханических параметров в окрестности подземных выработок в геотектоническом поле напряжений при разных величинах бокового горизонтального давления.

Объект и методы исследований

В качестве объекта исследования принято геотектоническое поле напряжений в геомассиве при техногенном воздействии на него.

По результатам обзора экспериментальных исследований, проведённых при отработке Таштагольского месторождения, сейсмических событий в окрестности Бачатского, Польшаевского, Томь-Усинского, Новокузнецкого районов Кемеровской области и представленных в литературных источниках сведений [7, 9, 20] можно утверждать, что в пределах Южного Кузбасса главный вектор горизонтальных напряжений σ_1 направлен под азимутом $A_{\text{ЮК}}^{\sigma_1} = 120 \pm 20^\circ$ ($300 \pm 20^\circ$) при соотношении компонентов главных нормальных напряжений $\sigma_1 : \sigma_2 : \sigma_3 = (2,3 \div 3,0) : (1,4 \div 1,8) : 1,0$. Напряжение σ_3 действует в вертикальном направлении и соответствует весу горных пород по теории А.Н. Динника [12].

Для исследования влияния геотектонического поля горизонтальных напряжений на геомеханические параметры массива горных пород в окрестности подземных выработок и угольных целиков проведено численное моделирование посредством решения двумерной задачи в вертикальном сечении по линии падения отрабатываемого пласта, перпендикулярном осям подготовительных выработок и ленточных угольных целиков.

Размеры геометрической модели массива горных пород для условий глубоких шахт Кузбасса приняты следующие: длина по падению пласта 960 м, глубина залегания пласта 580 м, мощность пласта $m=3,00$ м, предел прочности угля при сжатии в пласте 10 МПа, ширина подготовительной выработки $b=5,0$ м, высота $h=3,0$ м, ширина угольного целика между соседними выемочными столбами $b_{ц}=30$ м, длина лавы $L=200$ м. Угол падения пласта $\alpha=0-15^\circ$. Породы кровли и почвы пласта представлены слоями мощностью слоёв от 0,5 до 7 м алевролитов, аргиллитов и песчаников с пределом прочности при сжатии 30-80 МПа.

Обсуждение результатов исследования

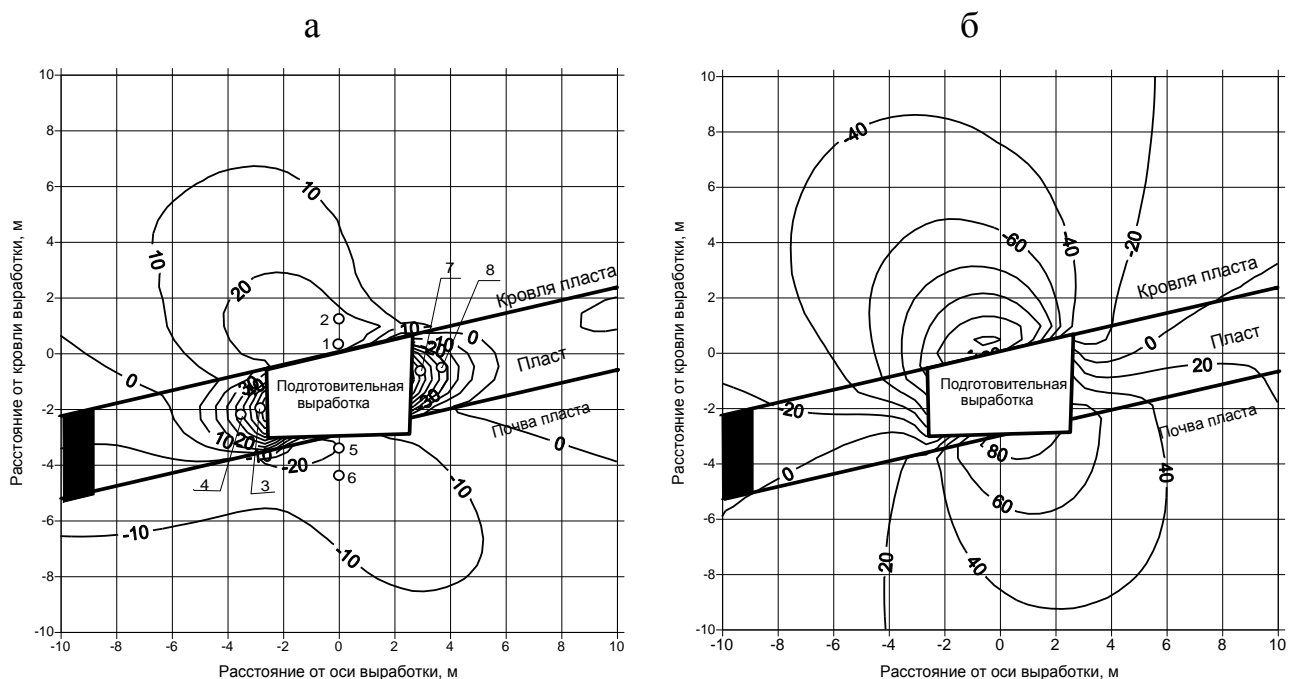
Программа исследований включала численное моделирование геомеханических процессов в окрестности одиночной выработки, угольного целика, геологического нарушения разрывного типа и очистного выработанного пространства при изменении коэффициента бокового горизонтального давления в пределах 0,3-1,5.

Для выявления влияния величин горизонтальных напряжений в нетронутым горном массиве проведён расчёт горизонтальных сдвижений при коэффициенте бокового давления пород $\lambda=0,3$ (рис. 1а) и $\lambda=1,5$ (рис. 1б). Знаки величин сдвижений соответствуют знакам осей координат: + в сторону восстания пласта; - в сторону падения пласта.

По результатам сравнения изолиний сдвижений на рис. 1 следует, что формы изолиний подобны, но величины смещений и конвергенция боков выработки увеличились в 3-4 раза. Общей закономерностью для разных величин горизонтальных напряжений в нетронутым геомассиве является

сдвигение пород в кровле выработки в сторону восстания пласта, а в почве по падению пласта.

Изменение коэффициентов бокового давления в пределах $\lambda=0,3-1,5$ не повлияло на величины и характер распределения вертикальных напряжений в окрестности подготовительной выработки. По результатам моделирования в диапазоне $\lambda=0,3-1,5$ установлено: максимальный коэффициент концентрации вертикальных напряжений в боках выработки 1,3, в кровле и почве выработки выявлены зоны разгрузки высотой больше $3m$, где m – мощность отрабатываемого пласта.



1-8 контрольные точки для анализа результатов моделирования

Рисунок 1. Распределение горизонтальных сдвижений (мм) массива горных пород в окрестности одиночной подготовительной выработки при коэффициенте бокового давления $\lambda=0,3$ а); $\lambda=1,5$ (б)

Характер и величины горизонтальных напряжений в гравитационном и геотектоническом полях напряжений существенно отличаются (рис. 2). Знаки величин напряжений: + растяжение, - сжатие. Из результатов анализа распределения горизонтальных напряжений в окрестности подземной выработки следует:

- горизонтальные напряжения увеличиваются пропорционально коэффициенту бокового давления напряжений в нетронутом массиве;
- наиболее опасными участками на контуре выработки являются сопряжения боков и кровли выработки;
- по контактам угольного пласта и вмещающих пород градиент изменения горизонтальных напряжений резко увеличивается, что приводит к выдавливанию пласта в выработку в виде отжима;
- в кровле и почве выработки при увеличении коэффициента бокового давления в нетронутом массиве горизонтальные напряжения от растягивающих переходят к сжимающим.

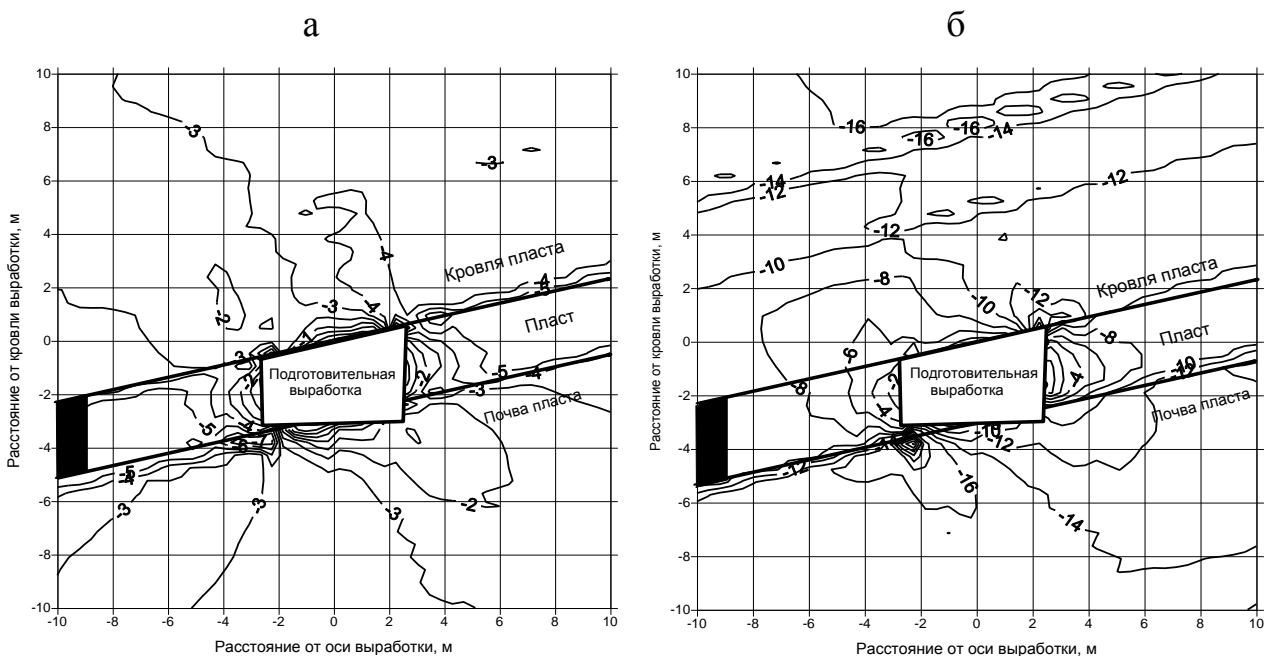


Рисунок 2. Распределение горизонтальных напряжений (МПа) в гравитационном поле напряжений в окрестности одиночной подготовительной выработки при коэффициенте бокового давления $\lambda=0,3$ (а) и $\lambda=1,5$ (б)

Для оценки структурного состояния массива горных пород по результатам численного моделирования вычислены отношения касательных напряжений по паспорту прочности Кулона-Мора к касательным напряжениям, вычисленным методом конечных элементов.

Наиболее существенно при увеличении горизонтальных напряжений изменились форма и размеры зоны трещинообразования и разрушения пород в

окрестности выработки (рис. 3). По результатам сравнения вычисленных отношений прочности и визуального обследования пластовых подготовительных выработок в условиях действующих угольных шахт установлены следующие пределы для оценки структурного состояния боковых пород:

$R > 0,7$ – уголь или порода находятся в устойчивом состоянии;

$R < 0,5$ – уголь или порода разрушены;

при изменении R в пределах 0,5-0,7 в угольном пласте или боковых породах формируются трещины и блоки, возможно блочное обрушение, вывалы блоков вместе с анкерами.

Согласно графикам рис. 3 в кровле выработки при увеличении горизонтальных напряжений в 5 раз форма и размеры зоны формирования блоков существенно меняются: ширина зоны увеличивается от 5 до 7 м. Традиционные представления о симметричном своде трещиноватых пород также не соответствуют теории свода: границы свода распространяются за пределы выработки в сторону линии падения пласта. В боках выработки формируются полости разрушенного угля, что может привести к внезапным выбросам угля и газа. Рекомендуется применять комбинированную крепь выработки: вблизи проходческого забоя: анкерную при проходке выработки и рамную за проходческим комбайном.

Учитывая большой объём данных, полученных при численном решении краевой задачи в упругой и упруго-пластичной постановке, наиболее представительные результаты систематизированы в табл. 1. Для этого на рис. 1 выделены характерные точки 1-8, в которых осуществлялось сравнение геомеханических параметров.

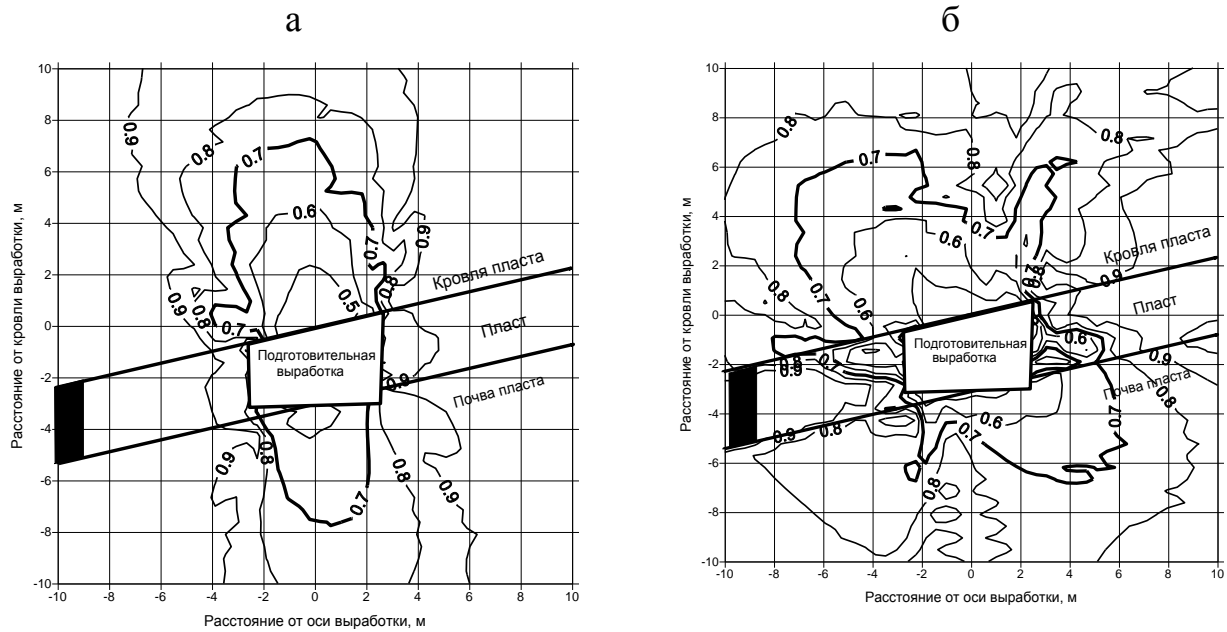


Рисунок 3. Отношение остаточной прочности угля и пород к исходной в окрестности одиночной подготовительной выработки при коэффициенте бокового давления $\lambda=0,3$ (а); $\lambda=1,5$ (б)

Таблица 1 – Результаты численного моделирования в характерных точках в окрестности подготовительной выработки

Наименование и размерность показателя	Показатели в точках 1-8 на рис. 1-3							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Абсцисса точки X, м	0	0	-2,7	-3,7	0	0	2,7	3,7
Ордината точки Y, м	0,2	1,2	-2,0	-2,2	-3,2	-4,2	-1,0	-0,9
Вариант 1. Гравитационное поле напряжений по Диннику, $\sigma_v=10$ МПа; $\sigma_r=3$ МПа								
Вертикальные смещения пород η , мм	-95	-80	-20	-18	73	68	0	5
Горизонтальные смещения пород ξ , мм	15	18	75	45	-20	-17	-70	-25
Вертикальные напряжения σ_v , МПа	0	-1	-14	-12,5	0	-1,5	-13	-12,5
Горизонтальные напряжения σ_r , Мпа	0	-3	0	-3	0	-2	-1	-3
Отношение остаточной прочности пород к исходной R	0,4	0,48	0,8	0,9	0,6	0,65	0,8	0,88
Вариант 2. Геотектоническое поле напряжений, $\sigma_v=10$ МПа; $\sigma_r=15$ МПа								
Вертикальные смещения пород η , мм	-95	-80	-20	-18	73	68	0	5
Горизонтальные смещения пород ξ , мм	75	65	110	85	-35	-38	-85	-60
Вертикальные напряжения σ_v , МПа	0	-1	-14	-12,5	0	-1,5	-13	-12,5
Горизонтальные напряжения σ_r , Мпа	-5	-10	-1	-4	-16	-14	-2	-5
Отношение остаточной прочности пород к исходной R	0,48	0,52	0,38	0,40	0,5	0,6	0,5	0,6

По результатам анализа и сравнения представленных в табл. 1 геомеханических параметров установлено, что при увеличении коэффициента бокового давления в пределах $\lambda=0,3-1,5$ горизонтальные смещения пород кровли выработки увеличиваются в 5 раз, а пород почвы в 2 раза; в окрестности выработки горизонтальные напряжения от растягивающих переходят к сжимающим; объём трещиноватых пород в кровле увеличивается в 2 раза.

Выводы

По результатам исследований установлено, что возрастание значения коэффициента бокового давления в нетронутом массиве оказывает влияние на величины горизонтальных сдвижений и напряжений, что приводит к увеличению зоны разрушения пород кровли в окрестности одиночной пластовой выработки угольной шахты.

В этой связи рекомендуется в зоне выемки угля устанавливать анкерную крепь первого уровня, а за комбайном – рамную крепь, что обеспечит эксплуатационную устойчивость подземной выработки при повышенных горизонтальных напряжениях.

Список использованных источников

1. Геологическое обеспечение работ по добыче угля / А.Д. Рубан [и др.]. – М.: Издательство «Горное дело» ООО «Киммерийский центр», 2011. – 432 с.
2. Контроль кровли в пластовых выработках : пер. с нем. / М.Юнкер [и др.]. – М.: Изд-во «Горное дело» ООО «Киммерийский центр», 2015. – 680 с.
3. Динамические формы проявления горного давления / В.Б. Артемьев, Г.И. Коршунов, А.К. Логинов, В.М. Шик. – СПб.: Наука, 2009. – 347 с. Численное моделирование геомеханического состояния массива горных пород в зоне влияния сопряжений подземных выработок / Л.Д. Павлова, А.Б. Цветков, Е.С. Корнев// Южно-Сибирский научный вестник. – 2019. – № 4 (28). – С. 125–129.

4. Цветков А.Б. Численное моделирование напряженно-деформированного состояния геомассива с учетом расслоения подработанных пород кровли / А.Б. Цветков, Л.Д. Павлова, Корнева А.В. // Научно-технический вестник Поволжья. – 2020. – № 1. – С. 142–145.

5. Павлова Л.Д. Моделирование напряженно-деформированного состояния геомассива для определения положения локальных концентраторов напряжений в отрабатываемом угольном пласте / Л.Д. Павлова, А.А. Черепов, Е.С. Корнев, А.В. Корнева // Инженерный вестник Дона. – 2020. – № 1. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/N1y2020/6283>

6. Павлова Л.Д. Численное моделирование геомеханического состояния массива горных пород в зоне влияния сопряжений подземных выработок / Л.Д. Павлова, А.Б. Цветков, Е.С. Корнев // Южно-Сибирский научный вестник. – 2019. – № 4 (28). – С. 125–129.

7. Арутюнян Е.Г. Актуальные проблемы сейсмической безопасности Кузбасса / Е.Г. Арутюнян, В.В. Ромашин, И.В. Огородникова // ТЭК и ресурсы Кузбасса. – 2007. – №6. – С.43-44.

8. Беседина А.Н. Особенности сейсмического мониторинга слабых динамических событий в массиве горных пород / А.Н. Беседина, Н.В. Кабыченко, Г.Г. Кочарян // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2013. – №5. – С. 20-36.

9. Геодинамическое районирование Южного Кузбасса : монография / Т.И. Лазаревич [и др.] – Кемерово: Редакционно-издательская фирма «Весть», 2006. –184с.

10. Хаин В.Е. Геотектоника с основами геодинамики / В.Е. Хаин, М.Г. Ломизе. – М.: КДУ, 2005. – 560 с.

11. Сейсmobезопасность территории Кемеровской области на 2005-2010 годы. Региональная целевая программа : закон Кемеровской области от 26 октября 2004 г // Совет народных депутатов Кемеровской области.

12. Динник А.Н. Распределение напряжений вокруг подземных горных выработок / А.Н. Динник, А.Б. Моргаевский, Г.Н. Савин : труды совещ. по

горному давлению. –Л.-М.: Академия СССР. Отделение технических наук, 1938. –С. 7 - 55.

13. Инструкция по расчету и применению анкерной крепи на угольных шахтах» : утв. Приказом Ростехнадзора №448 от 19.11.2020г.). – 167с.

14. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Инструкция по прогнозу динамических явлений и мониторингу массива горных пород при отработке угольных месторождений». – М.: ЗАО «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2020. – Серия 05. – Выпуск 49. –148 с.

15. Соловицкий А.Н. Интегральный метод контроля напряжённого состояния блочного массива горных пород / А.Н. Соловицкий. – Кемерово: ГУ КузГТУ, 2003. – 260 с.

16. Петухов И.М. Геодинамика недр / И.М. Петухов, И.М. Батугина. – М.: Недра коммюникейшн ЛТД, 1999. – 256 с.

17. Ремезов А.В. Анализ сейсмической активности в районе города Полысаево / А.В. Ремезов // Научно-технические проблемы разработки и использования минеральных ресурсов. – 2017. – №3. – С. 91-95.

18. Влох Н.П. Измерения напряжений в массиве крепких горных пород / Н.П. Влох, А.Д. Сашурин. – М.: Недра. – 1970. –120с.

19. Особенности деформирования вмещающих породподземных горных выработок в неоднородном поле геотектонических напряжений на примере пласта В-12 шахты «Северная» АО «Ургалуголь» / П.В. Гречишкин [и др.] // ГИАБ. – 2017. – №5. – С. 255-270.

20. Егоров П.В. Результаты исследования напряженного состояния массива пород Горной Шории и южной части Кузбасса / П.В. Егоров, А.Т. Шаманская, И.П. Аман // Проблемы механики горных пород.-Новосибирск: ИГД Академии наук СССР, 1971. – С. 246-249.

УДК 553

ПАРАДОКСЫ ПРИРОДНОГО ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА ОКЛО

В.А. Домаренко

ЗСФ Российской Академии Естественных Наук, РАЕН, г. Томск

ОКЛО (Oklo) — крупное месторождение урана в Габоне, расположено между гг. Франсвиль и Ластурвиль. Открыто в 1968, эксплуатируется с 1977. Месторождение находится в западной части Франсвильского бассейна вблизи его границы с кристаллическим архейским фундаментом, в зоне влияния крупного разлома.



Рисунок 1. Местоположение природного ядерного реактора Окло [1]

2 миллиарда 600 миллионов лет назад на территории нынешнего Габона и сопредельных с ним африканских государств образовалась огромная гранитная плита протяженностью во много десятков километров. (Эту дату, так же как и другие, о которых пойдет речь, определили с помощью радиоактивных часов - по накоплению аргона и калия, стронция - и рубидия, свинца - и урана.)

В течение последующих 500 миллионов лет эта глыба разрушалась, превращаясь в песок и глину. Они смывались реками и в виде осадков, насыщенных органическим веществом, слоями оседали в дельте древней

громадной реки. За десятки миллионов лет толщи осадков настолько увеличились, что нижние слои оказались на глубине в несколько километров. Сквозь них просачивались подземные воды, в которых были растворены соли, в том числе немного солей уранила (ион UO^{2+}). В слоях, насыщенных органическим веществом, были условия для восстановления шестивалентного урана в четырехвалентный, который и выпадал в осадок. Постепенно много тысяч тонн урана осело в виде рудных "линз" размером в десятки метров. Содержание урана в руде достигло 30, 40, 50 % и продолжало расти.

Месторождение стратиформное, рудовмещающая франсвильская серия (PR_1) сложена терригенными осадочными породами, крайне невыдержана по сортированности и размерности зёрен. Рудные залежи — грубосогласные уплощённые линзы в наклонных ($15-40^\circ$) пластах песчаников. Общая мощность линз в среднем 6-8 м, протяжённость 600х900 м.

На месторождении выделяются два типа руд: песчаники и конгломераты, обогащенные органическим веществом (содержат коффинит и настуран в ассоциации с галенитом, халькопиритом, пиритом), и хлоритовые аргиллизиты с уранинитом и галенитом. Руды второго типа развиты только в зонах "природных реакторов", значительно обеднены ^{235}U . Это явление, получившее название "феномен Окло", объясняется выгоранием ^{235}U в процессе работы "природного ядерного реактора" *около 1,95 млрд. лет назад*. Запасы урана 15 тысяч т (в пересчёте на металл), содержание урана в рудах в среднем 0,4-0,5 %, в отдельных участках (зоны "реакторов") 25-60 %. Месторождение разрабатывается открытым способом (1984). Мощность вскрыши не свыше 30 м. Содержание U контролируется во время разработки радиокаротажом скважин. Ежегодно на месторождении добывается около 500 т U (в пересчёте на металл). Руда поставляется на предприятие "Мунана", работающее по схеме сернокислотного выщелачивания с экстракционным извлечением урана. Содержание урана в получаемом концентрате 73-74%.

Добычу урана на месторождении Окло осуществляет компания "Compagnie Uranium Franzais" — "Comuf". Во время проведения обычного

анализа образцов руды обнаружилось, что процентное содержание урана-235 в ней ниже нормы. Затем была зафиксирована недостача около 200 килограммов этого изотопа. Специалисты французского Комиссариата атомной энергетики забили тревогу. Ведь пропавшего вещества вполне достаточно для изготовления нескольких атомных бомб.

Дальнейшие исследования показали, что концентрация урана-235 в руднике Окло такая же, как в отработанном топливе из реактора атомной станции. Так что же это такое? Неужели ядерный могильник с возрастом 2млрд лет?



Рисунок 2. Расположение уранового месторождения на месте некогда действовавшего природного ядерного реактора [8-10]

Озадаченные атомщики нашли ответ в статье, опубликованной американскими учеными Джорджем Ветриллом и Марком Ингрэмом в 1956 году. Ученые высказали предположение о существовании в далеком прошлом природных ядерных реакторов. А Пол Курода, химик из Арканзасского университета, даже определил необходимые и достаточные условия для того, чтобы в теле уранового месторождения спонтанно возник процесс самоподдерживающегося расщепления.

В 1975 году в столице Габона Либревиле состоялась научная конференция, на которой обсуждался феномен Окло. Большинство ученых

пришли к выводу, что рудник представляет собой единственный известный на Земле естественный ядерный реактор [1-7].

*Что же это за условия? В дельте реки на крепком базальтовом ложе отложился слой песчаника, богатого урановой рудой. В результате тектонической активности базальтовый фундамент погрузился в землю на несколько километров вместе с ураноносным песчаником. **Песчаник растрескался, в трещины стала проникать грунтовая вода.***

В руднике Окло так же, как и в ядерных топках АЭС, топливо располагалось компактными массами внутри замедлителя. Замедлителем служила вода. В руде содержались глинистые «линзы». В них концентрация природного урана с обычных 0,5% повысилась до 40%. После того как масса и толщина слоев достигли критических размеров, возникла цепная реакция и установка начала работать.

Вода была естественным регулятором. Поступая в активную зону, она запускала цепную реакцию, которая приводила к испарению воды, уменьшению потока нейтронов и остановке реакции. Через 2,5 часа, когда активная зона реактора остывала, цикл повторялся.

Затем очередной катаклизм приподнял «установку» до прежнего уровня, либо уран-235 выгорел, и реактор прекратил работу.

Изотопная концентрация урана-235 была тогда 4,1%. И в какой-то момент оказались соблюдены все четыре условия, необходимых для начала цепной реакции, о которых рассказано выше. И - природный реактор заработал. В сотни миллионов раз вырос поток нейтронов. Это привело не только к выгоранию урана-235, месторождение Окло оказалось скопищем многих изотопных аномалий.

Заодно с ураном-235 "выгорели" все легко взаимодействующие с нейтронами изотопы. Оказался в зоне реакции самарий - и лишился своего изотопа ^{149}Sm . Если в природной смеси изотопов самария его 14%, то на месте работы природного реактора - всего 0,2 %. Такая же судьба постигла ^{151}Eu ,

^{157}Gd и некоторые другие изотопы редкоземельных элементов. *Однако в ряду распада не оказалось радия.*

За время работы природный реактор выработал 13 миллионов киловатт-часов энергии, мощность его была невелика. Она в среднем была меньше 100 киловатт, что хватило бы для работы нескольких дюжин тостеров.



Рисунок 3. Забой в залежи действующего реактора [10]

Однако в исследованиях маститых ученых просматриваются некоторые нестыковки в интерпретации материалов.

Вот лишь некоторые из них:

Парадокс 1. Оруденение сформировалось на глубине около двух км, в результате тектонических подвижек в рудные залежи попала **грунтовая** вода, что привело к началу работы реактора около 1.95млрд лет назад. Проникновение грунтовой воды на глубины два с лишним км геологический нонсенс;

Парадокс 2. Содержания урана колеблются в пределах 0.4. - 0.5 %, достигая в залежи реактора 20-60%. Исследователи связывают это со вторым типом руд – хлоритовыми аргиллизитами с уранинитом и галенитом, хотя на рис. 3 забоя реактора четко видно вторичная слюдковая минерализация, что говорит о том, что руды выведены на поверхность и сформировали **новую, молодую залежь** с богатыми (до 60%) содержаниями;

Парадокс 3. Известными в мире физиками-ядерщиками [4-8], не обнаружен радий, непременный член в ряду распада. Это является неопровержимым доказательством того, что возраст природного ядерного реактора Окло не 2 млрд лет, а в десятки раз меньше.

Выводы

Таким образом, на основании внимательного изучения имеющегося обширного материала следует:

-Первичное оруденение месторождения Окло с запасами 15 000 т сформировано на глубинах около 2 км, 2 млрд лет назад;

-Средние содержания урана в первичных рудах колеблется в пределах 0.4-0.5 %;

- В результате тектонических подвижек, в том числе и в неоген-четвертичное время, часть залежей была выведена на поверхность (рис. 3) и подвержена окислению с образованием вторичной молодой урановой минерализации с богатыми содержаниями до 20-60 %;

-В близповерхностных условиях попадание на богатую вторичную руду грунтовых вод приводило к цепной реакции;

-Реактор прекратил работу в связи с тем, что богатые вторичные руды были отработаны;

-Соответственно, этому реактору максимум лет 500. И вот еще почему. Для протекания реакции нужны очень специфичные условия. И они должны быть ПОСТОЯННЫМИ! Любое отклонение приведет или к затуханию или к перегоранию со всеми вытекающими последствиями.

Список использованных источников

1. Горная Промышленность, №2 1997.
2. *Мешик, А. (2006). “Древний ядерный реактор”. В мире науки (2): 40—45.*
3. Содди Ф. История атомной энергии. М., Атомиздат, 1979.
4. Чоппин Г. и др. Ядерная химия. М., Энергоатомиздат, 1984.

5. Шляхтер А. И. Прямая проверка постоянства фундаментальных констант по данным о естественном ядерном реакторе Окло // Препринт ЛИЯФ. — 1976. — Сентябрь (№ 260).
6. Шуколюков А.Ю. Уран. Природный ядерный реактор/ Химия и Жизнь №6, 1980 г., с. 20-24
7. Kuroda, P. K. (1956). “On the Nuclear Physical Stability of the Uranium Minerals”. Journal of Chemical Physics. 25: 781—782, 1295—1296. Bibcode:1956JChPh..25..781K. DOI:10.1063/1.1743058.
8. Meshik, A. P. (November 2005). “The Workings of an Ancient Nuclear Reactor”. Scientific American.
9. Shlyakhter A. I. Direct test of the constancy of fundamental nuclear constants (англ.) // Nature. — 1976. — 25 November (vol. 264). — P. 340.
10. <http://www.mining-media.ru/ru/article/newtech/1764-yadernofizicheskaya-kontseptsiya-formirovaniya-mineralnykh-obrazovaniy>.

УДК 532.529.5: 532.54

К ВОПРОСУ РАЗРУШЕНИЯ УСТОЙЧИВЫХ ВОДОНЕФТЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

Е.Э. Очиров, С.Н. Харламов

ФГАОУ ВО Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

Введение

Хорошо известно [1-5], что электромагнитная обработка дисперсных сред вызывает процесс деэмульгирования структуры эмульсий типа “вода в масле” особенно в динамических режимах. Причем компоненты, присутствующие в подобных эмульсиях такие, как асфальтены, смолы, парафины, сульфид железа и другие механические примеси составляют группу, ответственную за сохранность и прочность оболочек и испытывают на себе влияние мощных

нагрузок от изменений электромагнитного поля. Последнее интенсифицирует механизмы процессов переноса в смеси и ведет к значительным структурным преобразованиям в нефтяных системах.

В данной работе поставлена *цель* критического (теоретического и экспериментального) анализа современных данных об эффективности деструкции эмульсий в условиях влияния неоднородного электромагнитного поля произвольной интенсивности, а также выявления особенностей по построению математических моделей к прогнозу пространственных процессов распределения фаз при такой обработке.

Библиографический анализ проблемы позволяет утверждать [1-5], что в комплексных технологических процессах, ориентированных на добычу нефти, уяснения особенностей транспорта нефти с пластовой водой следует иметь дело с гидродинамическими и диффузионными структурами, представляющими собой устойчивые нефтяные эмульсии с произвольным содержанием воды. В таком составе природное сырье мало пригодно для функционирования промышленного оборудования и требуется эффективно удалять из нее эмульгированную капельную водную фракцию. Также следует учитывать, что существование солей в пластовой воде будет негативно воздействовать на дорогостоящее специальное оборудование, интенсифицируя коррозию его узлов и элементов, зольность продуктов переработки сырья, снижая эффекты от катализаторов химико-технологических и нефтяных процессов. Все это демонстрирует определяющее значение процесса обезвоживания нефти в стремлении получения сырья высокого качества и подготовки его товарных кондиций [6-8]. Подчеркнем, что устойчивая тенденция последних десятилетий по ухудшению качества, запасов и структуры углеводородного сырья на месторождениях приводит к необходимости интенсифицировать процессы добычи и переработки трудноизвлекаемой нефти. Все это требует дополнительных усилий и средств по внедрению нового специального оборудования, ориентированного на разработку месторождений с неординарными геолого-физическими условиями,

повышенным удельным весом карбонатных коллекторов, нелинейными морфологическими свойствами (высокой вязкостью нефти), наличием объемных залежей нефти, подстилаемых подошвенной водой и т.д. [9-11].

Для таких условий практический опыт эксплуатации оборудования при подготовке нефти на промыслах традиционными методами определяет потребность промышленности в разработках мобильных и эффективных подходов, альтернативных и оперативных способов подготовки нефти, позволяющих снизить себестоимость добычи и подготовки сырья. В этом отношении весьма перспективными представляются процедуры воздействия на углеводородное сырье эффектов от влияния внешних сил. Они достаточно разнообразны по физической сути, например, тепловыми механизмами от микроволнового излучения, аккумулярованием энергии от ультразвука в пульсационных акустических устройствах, электромагнитным возбуждением. Заметим, что в приложениях таких задач популярны нетрадиционные методы деэмульгирования, связанные с обработкой магнитными полями. Справедливости ради стоит отметить, что в последние годы отработана тенденция магнитовибрационного влияния полей для интенсификации процесса сепарации промысловых эмульсий (см. детали, например, в [12]). Успехи в разработке данных технологий связаны с включением эффектов воздействия электромагнитного поля на рабочую смесь в заданном интервале частот (например, при 1-300 кГц). Тогда комплексные процессы переноса массы вследствие диффузионных механизмов интенсифицируются и ведут к активизации химических связей между компонентами смеси и элементами в их соединениях [13-17].

Из данных [18] следует, что составы оболочек нефтяных эмульсий весьма разнообразны. Они включают ряд компонент, выполняющих роль стабилизатора. И это могут быть асфальтены, смолы, парафины, соли нафтеновых кислот, тяжелые металлы, твердые частицы минеральных и углеродистых суспензий с поверхностью, модифицированной полярными компонентами нефти. Динамика этих процессов приводит к образованию

прочной «броневой» оболочки; формированию веществ с твердой структурой. Очевидно, что разрушение таких эмульсий требует дополнительных внешних воздействий. Данные анализа [13-18] показывают, что ценным практическим направлением исследования рассматриваемых задач являются работы в направлении разработок технологий подготовки нефти, допускающих влияние внешних сил различной физической природы, например, электрических и магнитных полей. Преимущества такого направления детально изложены в [1-5].

Характеристика экспериментальной части исследований, их преимущества и проблемы

Важно отметить, что в зарубежных исследованиях в последние годы на месторождениях обращаются к методам, включающие магнитную обработку гетерофазных систем (добываемых водо- и газонефтяных смесей) или воды с использованием магнитных наночастиц [18,19]. Подчеркивается, что в указанных технологиях промышленные жидкости подвергаются обработке постоянным/ переменным магнитным полем с целью изменений физико-механических и морфологических свойства капельных жидкостей, а также возможности снижения коррозионной активности перекачиваемой среды и блокирования механизмов седиментации солей/парафинов, а также деструкции дисперсных систем, эмульсий “вода-в-масле”.

Детальные эксперименты таких процессов показывают, что наночастицы существенно снижают вязкость сырой нефти за счет диффузии смешивания с масляной фазой, что является очень важным экономическим фактором (см. рис.1).

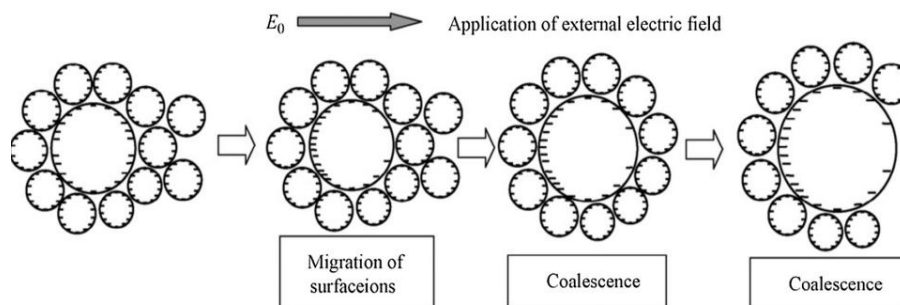


Рисунок 1. Схематическая иллюстрация механизма электрической деэмульгации эмульсий типа “масло-вода (М/В)”, стабилизированных анионными поверхностно-активными веществами [20]

В случае использования наночастиц с магнитными свойствами и приложения электромагнитного поля увеличивается эффективность обезвоживания и вдвое увеличивает скорость осаждения частиц. Также в ранних работах [13, 14] сообщается о технологиях интенсификации сепарации воды и нефти в условиях электромагнитного воздействия на эмульсию при наличии деэмульгатора (рис. 2).



Рисунок 2. Влияние электромагнитного поля на водонефтяную эмульсию [14]

Исследованные смеси типа “вода-в-масле” по данным [13,14] относятся к обычным эмульсиям. Заметим, что в изучении таких систем принимается, что нефть является сплошной фазой, а вода – дисперсной. Для подтверждения того, что масло является дисперсионной средой, был проведен тест с каплей эмульсии, помещенной в воду. Тест показал [21], что капля всплывает, но не растворяется.

Из рисунка 3 следует, что электромагнитное воздействие с индукцией 0,6 Тл в динамическом режиме обеспечивало отделение воды (до 99 %) в эмульсиях типа “вода-в-масле” различного состава, в том числе обводненного, тогда как без электромагнитного поля, только при центрифугировании, отделение воды составило 56 %. Детальный анализ показывает, что электромагнитное влияние постоянного и переменного поля подобно механизмам от воздействия постоянного магнитного поля. Причем, заметной разницы между эффективностями как постоянного, так и переменного электромагнитного полей не обнаружено [21]. Более того, авторы [21] совместно с авторами работы [22] предложили использовать для разделения водомасляной эмульсии устройство, создающее переменное электромагнитное

поле во всем внутреннем объеме тела (рисунок 4). Исследуемый процесс имел особенность, связанную с тем, что интенсивность электромагнитного поля регулировалась изменением напряжения питания электромагнитов.

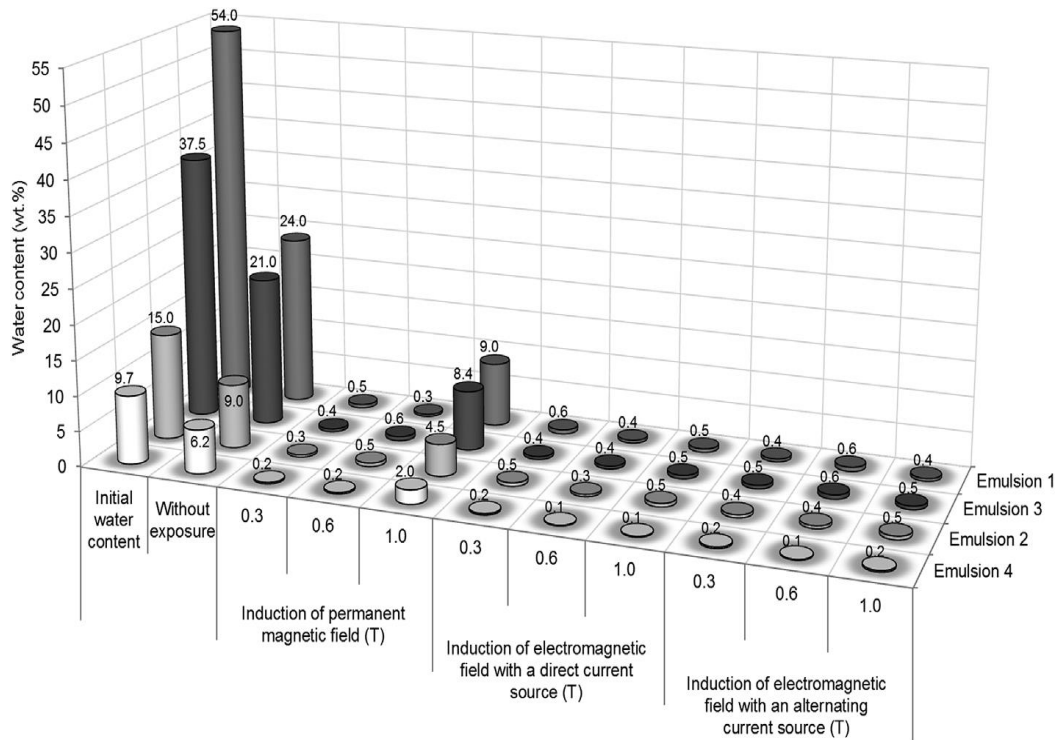


Рисунок 3. Влияние индукции электромагнитного поля на содержание воды в масляной фазе, отделенной от эмульсии вода-в-масле (время контакта 10 мин, температура 20 °С) [21]

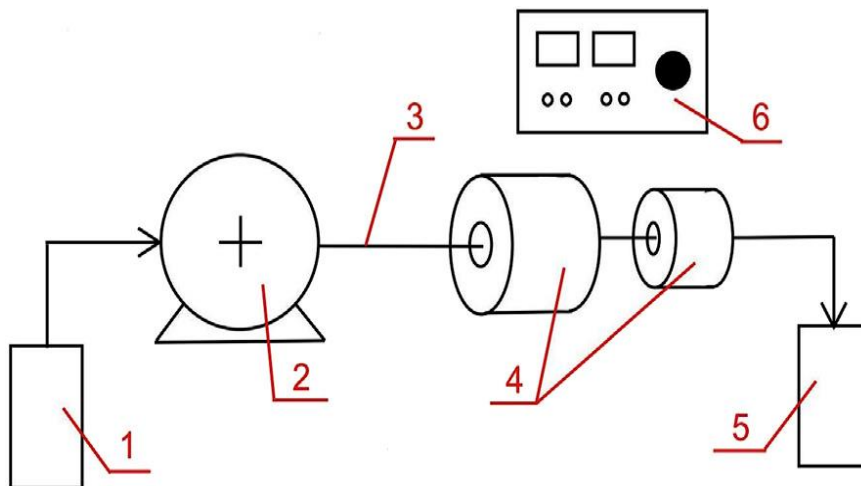


Рисунок 4. Диаграмма проточной лабораторной системы с электромагнитами: 1-контейнер для исходной пробы, 2-перистальтический насос, 3-торопластовая трубка, 4-электромагниты (соленоиды), 5-контейнер для обрабатываемой пробы, 6-источник постоянного и переменного тока [14,21, 22]

Этот метод позволяет оперативно и качественно производить отделение воды от нефти без дополнительного оборудования за счет прохождения смеси под давлением между магнитами. Установлено, что данный подход позволяет в “полевых” условиях воздействием ЭлектроМагнитного (ЭМ) поля эффективно разрушать водонефтяные дисперсные смеси и контролировать эффективность их разрушения [14]. Важно отметить, что рассматриваемая технология в практическом плане (и применительно к процессам переработки высокоминерализованных нефтей) специфична. Т.к. деэмульгирование функционально сильно зависит от параметров с диэлектрическими свойствами. Результаты исследований [14] показывают, что ЭМ обработка интенсифицирует процесс деэмульгирования и повышает степень обезвоживания и обессоливания товарных нефтей. Анализ упомянутых современных публикаций показывает, что метод [22], заключающийся в подборе оптимальных параметров электромагнитного поля, также обеспечивает разрушение относительно стабильной водонефтяной эмульсии за счет резонанса «наростов» молекул воды, которые явно проявляют свойства диполей. Таким образом, при использовании эмпирически подобранной частоты изменения поля активированные молекулы воды способны свободно отделяться от маслянистой фракции. Эти сведения весьма ценны для приложений и разработки универсальных многомерных математических моделей процессов сепарации в гетерогенных смесях с привлечением аксиоматических положений неравновесной термодинамики и уравнений законов сохранения массы, тепла и импульса для неоднородных сред [1-5].

Заключение

Представленные данные и детальный анализ современных проблем разделения эмульсий позволяет утверждать, что магнитная обработка образцов водонефтяной среды в динамическом режиме приводит к интенсивной деэмульгации эмульсий. Можно утверждать, что компоненты, присутствующие в исследуемых эмульсиях, выполняющие функцию стабилизации для оболочек, способствуют повышению их прочности. Однако, следует учитывать, что они

сильно подвержены воздействию магнитного поля. Это способствует диффузионности в мелкомасштабных процессах переноса массы, нелинейности эффектов в смеси и формированию значительных структурных преобразований в нефтяных системах. Анализ этих эффектов требует применения термодинамического аппарата с учетом оценок влияния внешних полей на гетерогенные среды. Показанные результаты ставят задачи по дальнейшему уяснению сути эффектов разделения эмульсий в условиях, когда магнитная обработка (воздействием постоянных магнитных и электромагнитных полей) образцов исследуемых эмульсий в динамическом режиме (с индукцией 0,3–0,6 Тл в диапазоне времени порядка 10 мин при переменности поля температуры в интервале 20–60 °С) приводит к отделению воды до 99 %, в то время как при центрифугировании происходит отделение воды только до 56 %, при нагревании до 80 °С с последующим центрифугированием - до 67 %.

Список использованных источников

1. Эмульсии нефти с водой и методы их разрушения / Д.Н. Левченко, Н.В. Бергштейн, А.Д. Худякова, Н.М. Николаева. – М.: Химия, 1967. – 200 с.
2. Байков Н.М., Колесников Б.В., Челпанов П.И. Сбор, транспорт и подготовка нефти. – М.: Недра, 1975. – 317 с.
3. Харламов С.Н., Зайковский В.В. Математическое моделирование влияния неоднородного электрического поля на движение капель воды в нефти // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». – 2015. – № 4. – С. 95–117.
4. Харламов С.Н., Зайковский В.В. Оценка влияния нестационарных процессов при моделировании электрокоалесценции водонефтяных эмульсий // Горный информационноаналитический бюллетень. – 2013. – № 4. – С. 268–272.
5. Zaykovskiy V.V., Kharlamov S.N., Muratov V.M. Experimental studt of water pin poil emulsion destabilization in nonuniform electric field // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering, 2016. - V. 327. - № 10. -P. 22–34.

6. Li C. The synthesis of a novel magnetic demulsifier and its application for the demulsification of oil-charged industrial wastewaters // Journal of Materials Chemistry A. – 2014. – V. 2. – №. 1. – P. 94-99.

7. Kukudzaki M., Goto M. Demulsification of water-in-oil emulsions by permeation through Shirasu-porous-glass (SPG) membranes //Journal of Membrane Science. – 2008. – V. 322. – №. 1. – P. 196-203.

8. Mudjmdar S., A.K. Gucha A.K., Сиркар Sikrar K.K. Fuel oil desalting by hydrogel hollow fiber membrane // Journal of membrane science. -2002. № 1-2. –P. 253-256.

9. Guo Yu. Pretreatment of crude oil by ultrasonic-electric united desalting and dewatering //Chinese Journal of Chemical Engineering. – 2008. – V. 16. – №. 4. – P. 564-569.

10. Bay Z.S., Van H.L. Crude oil desalting using hydrocyclones //Chemical Engineering Research and Design. – 2007. – V. 85. – №. 12. – P. 1586-1590.

11. Hang X. F. Evaluation of screening methods for demulsifying bacteria and characterization of lipopeptide bio-demulsifier produced by *Alcaligenes* sp // Bioresource technology. – 2009. – V. 100. – №. 3. – P. 1358 - 1365.

12. Ichikava T., Nakadzima Yu. Rapid demulsification of dense oil-in-water emulsion by low external electric field.: II. Theory //Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. – 2004. – V. 242. – №. 1-3. – P. 27-37.

13. Zolphagary R. Demulsification techniques of water-in-oil and oil-in-water emulsions in petroleum industry //Separation and Purification Technology. – 2016. – V. 170. – P. 377-407.

14. Uzeifchak A., Blazlo R. Ultrasonic studies of emulsion stability in the presence of magnetic nanoparticles //Advances in Condensed Matter Physics. – 2015. – V. 1. - P. 25-27.

15. Nikma M. Efficient demulsification of water-in-oil emulsion by a novel nano-titania modified chemical demulsifier // Chemical Engineering Research and Design. – 2015. – V. 94. – P. 164-172.

16. Pazhukhande A. Towards a mechanistic understanding of rheological behaviour of water-in-oil emulsion: roles of nanoparticles, water volume fraction and aging time // *South African Journal of Chemistry*. – 2016. – V. 69. – P. 113-123.
17. Farrori F. Application of a novel magnetic nanoparticle as demulsifier for dewatering in crude oil emulsion // *Separation Science and Technology*. – 2018. – V. 53. – №. 3. – P. 551-558.
18. Li R.F. Agents which promote and stabilize water-in-oil emulsions // *Spill Science & Technology Bulletin*. – 1999. – TV. 5. – №. 2. – P. 117-126.
19. Khashemizade A. The possibility of enhanced oil recovery by using magnetic water flooding // *Petroleum science and technology*. – 2014. – V. 32. – №. 9. – P. 1038-1042.
20. Pang J. Novel magnetic demulsifier for water removal from diluted bitumen emulsion // *Energy & fuels*. – 2012. – V. 26. – №. 5. – P. 2705-2710.
21. Romanova Yu. N. et al. Demulsification of water-in-oil emulsions by exposure to magnetic field // *Journal of petroleum science and engineering*. – 2019. – V. 179. – P. 600-605.
22. Safin D., Plekhanov I. Method of Separating Water-Oil Emulsion and Device to This End. 2011. Patent RU 2424844.

МЕТАЛЛУРГИЯ

УДК 669.11

ПЕРЕМЕШИВАНИЕ РАСПЛАВА ПРИ ПРОДУВКЕ ИНЕРТНЫМ ГАЗОМ В АГРЕГАТАХ КОВШ-ПЕЧЬ

Е.В. Протопопов, Л.В. Думова, М.В. Темлянцев, Е.М. Запольская
*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»,
г. Новокузнецк*

Использование в технологическом цикле современного металлургического агрегата типа ковш-печь наиболее рационально обеспечивает возможность управления процессами формирования физико-химического состояния расплава для получения высококачественных сталей с заданными свойствами.

Важнейшим составным элементом такой технологии является продувка инертным газом, которая позволяет успешно решать такие технологические задачи, как снижение неоднородности по температуре и химическому составу, удаление неметаллических включений, а также частичной дегазации расплава. При этом на многих агрегатах ковш-печь в качестве стандартных режимов используют продувку инертным газом через верхнюю погружную фурму сквозь пористые пробки, установленные в днище ковша.

В условиях при отсутствии перемешивания металлической ванны сверхзвуковыми газовыми струями и всплывающими пузырями монооксида углерода при продувке металла инертным газом с определенными допущениями можно предположить, что перемешивание расплава осуществляется только (или в основном) за счёт такой технологической операции, а определяющие для оценки перемешивания подходы подчиняются основным законам аэрогидродинамики.

Как известно [1 – 3], существуют различные методы оценки эффективности перемешивания расплава, при этом интенсивность перемешивания определяется в основном характеристиками режима подачи

инертного газа и соответствующими скоростями возникающих циркуляционных потоков в металлической ванне. Обычно в качестве основной характеристики используется так называемое время полного перемешивания (τ_n) или время усреднения химического состава расплава в ковше. Другим подходом в оценке перемешивания является использование в качестве характеристики мощность перемешивания ванны (ξ). Причём, исходя из различных теоретических предпосылок и условий эксперимента, определение в различных работах соотношения между указанными величинами в уравнении $\tau_n \approx A\xi^{-n}$ постоянно уточняется и справедливо для тех массивов экспериментальных данных, на основании которых они получены. Показатель степени n по многочисленным данным колеблется от 0,23 до 0,89, а значения коэффициента A изменяется в зависимости от характеристик моделирующих сред, геометрии ванны ковша и колеблется в ещё более широких пределах от 50 до 800. Поэтому наиболее точной характеристикой оценки интенсивности перемешивания расплава в ковше в соответствии с классическими подходами гидродинамики жидкости [3 – 5] является использование коэффициента эффективной диффузии (D_e), объединяющего все основные виды переноса (вынужденная и свободная конвекция, молекулярная диффузия).

В соответствии с современными представлениями при формировании газовых струй при выходе из погруженных в жидкость сопел различают пузырьковый, переходный и струйный режимы, когда газовые объёмы (пузыри) образуются непосредственно на срезе сопла или в конце некоторого струйного участка. Режим взаимодействия газовой струи с жидкостью и размеры образующихся пузырей слабо зависят от направления подвода дутья [5]. Известно, что выходящая струя инертного газа встречает некоторое сопротивление среды (металла) и деформируется. Поскольку, различные переходные режимы взаимодействия газовых струй с металлом в реальных условиях сложно фиксируются, возможно использование следующей классификации режимов: режим барботирования, характеризующийся периодическим растеканием газовых пузырей по площади днища ковша с

последующим их всплыванием; режим струйного истечения при формировании непрерывной газовой струи на некотором участке проникающем в объём металла в ковше. Реализация того или иного режима при этом всегда связана со скоростью струи на срезе сопла и расходом инертного газа.

Анализ многочисленных данных показывает, что пузырьковый режим истечения может сохраняться до скоростей порядка 20 – 30 м/с, а при больших скоростях истечения (более 100 м/с для газожидкостных потоков) сохраняются основные закономерности струйных течений.

Предварительно с использованием положений волновой теории процессов при продувке расплавов [4] по известным выражениям рассчитывали и определяли параметры всплывающих пузырей. В соответствии с данным подходом всплывающие пузыри генерируют вихри аналогичного размера, а в объёме расплава возникает развитая турбулентность, обусловленная, с одной стороны, возникновением направленных циркуляционных потоков, а с другой – турбулентными пульсациями в этих потоках, что обеспечивает случайный статистический характер переноса. При реализации струйного режима истечения газовых струй диаметр образующихся пузырей можно рассчитывать по выражению [4]:

$$D = k_D q^{2/5} g^{-1/5} \quad (1)$$

где $k_D = 1,19$ [1], g – гравитационное ускорение, q – расход газа через донное сопло, а при реализации пузырькового режима истечения, диаметр образующихся пузырей можно определить с использованием критерия Бонда [7].

$$\frac{D}{d} = 2/\pi^{1/3} (B_0)^{1/3} \quad (2)$$

где критерий Бонда $B_0 = \Delta\rho g d^2 / \sigma < \pi^2$, d – диаметр сопла, $\Delta\rho = \rho_{ж} - \rho_г$ – разность плотностей жидкости и газа, g – гравитационное ускорение, σ – поверхностное натяжение расплава, полученное на основе равенства сил действующих на пузырь.

Принимали, что согласно [8] пузыри будут всплывать со скоростью $w_{\text{вспл}} = (gD)^{1/2}$. Согласно выполненным расчётам при реализации струйного режима истечения газовых струй, диаметр образующихся пузырей в зависимости от скорости всплывания составляет $\sim 1,2 - 1,5$ см. При использовании пористых вставок в ковше, то есть при реализации пузырькового режима истечения, диаметр образующихся пузырей будет не превышать $0,5 - 0,6$ см и практически не зависит от расхода инертного газа, являясь результатом взаимодействия гравитационных и капиллярных волн. Скорость всплывания таких пузырей в объёме ванны ковша находится в пределах $150 - 160$ и $10 - 15$ см/с для обоих режимов соответственно. В соответствии с выдвинутой Прандтлем «теорией пути смешения» [3, 6], возможно определение коэффициента микропереноса в жидкости по аналогии с коэффициентом переноса в молекулярно-кинетической теории газов:

$$D\varepsilon = \bar{u}\bar{\lambda}/3, \text{ м}^2/\text{с} \quad (3)$$

где \bar{u} – осредненная скорость газовых молекул; $\bar{\lambda}$ – средняя длина их свободного пробега.

Для рассматриваемого случая переноса в расплаве имеет место следующее соотношение:

$$D\varepsilon = \omega_p l \quad (4)$$

где ω_p – скорость циркуляции расплава; l – масштаб движения или линейный масштаб турбулентных пульсаций.

В качестве линейного масштаба турбулентных пульсаций (или длины пути перемешивания) использовали линейный размер элементарной площадки, приходящийся на один центр газовыделения:

$$l = \sqrt{S}/m \quad (5)$$

где S – площадь поверхности ванны в спокойном состоянии; m – количество донных пористых пробок или центров газовыделения.

С учётом того, что расплав циркулирует под действием импульса газовых струй, можно записать, что

$$D_e = \sum_{m=1}^m J_i l_i \quad (6)$$

где m – количество источников газовой выделения (сопел в фурме или пористых пробок); J_i – секундный импульс газовых струй, действующих на расплав; Q – масса металла в ковше. В зависимости от режима истечения инертного газа со стороны одиночного всплывающего пузыря действует импульс, равный произведению подъемной силы P на время её действия τ , где

$$P = Vg(\rho_m - \rho_\Gamma) \approx Vg\rho_m \quad (7)$$

так как $\rho_m \gg \rho_\Gamma$; здесь V – объём одиночного пузыря; g – гравитационное ускорение; ρ_m и ρ_Γ – плотность металла и газа; $\tau = h_B/\omega_{\text{вспл}}$; h_B – высота металла в ковше; $\omega_{\text{вспл}}$ – скорость всплывания пузыря.

Для получения суммарного импульса всех всплывающих пузырей, образующихся на поверхности пористой пробки или в конце некоторого струйного участка газовых струй, можно вместо величины V подставить объёмный расход инертного перемешивающего газа (V_Γ):

$$\sum_{m=2}^m J_i = \frac{S_M g V_\Gamma h_B}{\omega_{\text{вспл}}} \quad (8)$$

где $V_\Gamma = G/\rho_\Gamma$; $G = f_\Gamma w_{\text{вспл}} \rho_\Gamma$ – массовый расход газа; ρ_Γ – плотность инертного газа; f_Γ – площадь выходного сечения сопла; $w_{\text{вспл}}$ – скорость всплывания газовых объёмов.

Тогда в соответствии с принятой моделью величину D_e можно рассчитать по следующему уравнению:

$$D_e = \frac{\rho_m g V_\Gamma h_B \sqrt{S/m}}{w_{\text{вспл}}} \quad (9)$$

Для рассматриваемых условий эффективный коэффициент диффузии составляет $0,35 - 0,45 \text{ м}^2/\text{с}$ и $0,05 - 0,15 \text{ м}^2/\text{с}$ при реализации струйного режима истечения и режима барботирования соответственно.

Оценку мощности перемешивания (N_Π) в соответствии с принятой моделью определяли с использованием законов сохранения энергии и количества движения:

$$N_\Pi = \sum_{m=2}^m J_i l_i \quad (10)$$

где J_i – секундный импульс газовых струй, действующих на расплав; l_i – «масштаб движения», равный 1/3 размера всплывающих пузырей.

Полученные результаты расчётов представлены на рис. 1 в виде зависимости секундной работы (мощности) перемешивания ванны от расхода инертного газа, подаваемого через пористые пробки или погружные фурмы. С увеличением расхода инертного газа величина работы перемешивания как в струйном, так и в пузырьковом режиме истечения газовых струй в расплав возрастает, причём в случае реализации струйного режима истечения мощность перемешивания увеличивается в значительно большей степени, нежели в режиме барботирования ни, не увеличивается в значительно большей степени, нежели в режиме барботирования жели в режиме барботирования.

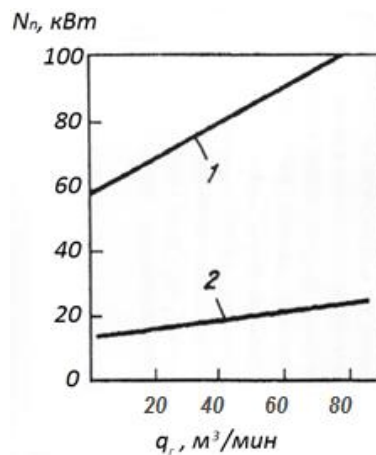


Рисунок 1. Влияние расхода инертного газа на изменение мощности перемешивания расплава в 150-т ковшах: 1 и 2 – струйный режим истечения и барботаж

Как показывают расчёты, уменьшение диаметра пузырьков при незначительной скорости их всплывания увеличивает продолжительность их пребывания в расплаве, общую их поверхность в рассматриваемом объёме газа, что способствует достижению более стабильного дегазирующего эффекта, приближению системы металл – шлак к равновесию и эффективному всплыванию неметаллических включений.

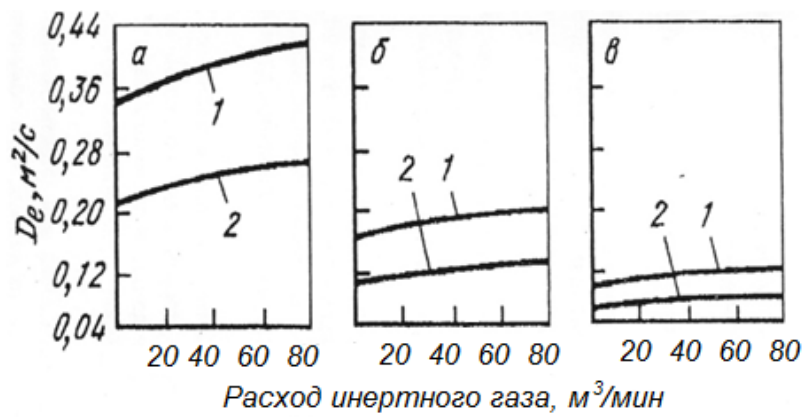


Рисунок 2. Зависимость коэффициентов эффективной диффузии от расхода инертного газа при перемешивании в 150-т ковшах, *a*, *б*, и *в* – вертикальный, горизонтальный и радиальный переносы; 1 и 2 – струйный и пузырьковый режимы истечения

В общем случае перенос вещества в результате диффузии может быть разложен на три составляющие: вертикальная, горизонтальная и радиальная. Для определения значения D_e в направлениях переноса использовали полученные критериальные зависимости, характеризующие перемешивание расплава для условий эксперимента. Для всех случаев переноса величина D_e пропорциональна кубическому корню из мощности перемешивания и отличается коэффициентом пропорциональности, который принимает значения 32, 70 и 140 при вертикальном, горизонтальном и радиальном переносах соответственно [6].

Результаты расчётов D_e в зависимости от режима продувки и расхода перемешивающего газа приведены на рис. 2, из которого видно, что эффективный коэффициент диффузии, как и мощность перемешивания, зависят от расхода инертного газа и увеличиваются с ростом интенсивности его подачи. Вместе с тем для всех зависимостей, представленных на рис. 2, характерно значительное различие в значениях коэффициента эффективной диффузии для случаев продувки ванны в струйном и пузырьковом режимах. При выбранных расходах инертного газа эффективный коэффициент диффузии для

вертикального переноса имеет наибольшее абсолютное значение, существенно меньшее – для горизонтального переноса и наименьшее – для радиального.

С использованием предложенной модели для условий продувки расплава в 150-т сталеразливочных ковшах установок ковш-печь определены параметры всплывающих пузырей и значения составляющих эффективного коэффициента диффузии при различных режимах продувки.

Список использованных источников

1. Kai T // J. Iron and Steel Inst. Jap. – 1981. – V. 68, № 4. – P. 214.
2. Mori K., Sano M. // J. Iron and Steel Inst. Jap. – 1983. – V. 69, № 6. – P. 672-695.
3. Явойский, В. И. Теории продувки сталеплавильной ванны / В. И. Явойский, Г. А. Дорофеев, И. Л. Повх. – М. : Metallurgia, 1974. – 496 с.
4. Охотский, В. Б. Физико-химическая механика сталеплавильных процессов / В. Б. Охотский. – Москва : Metallurgia, 1993. – 151 с.
5. Лойцянский, Л. Г. Механика жидкости и газа / Л. Г. Лойцянский. – М. : Наука, 1987. – 840 с.
6. Яковлев Ю. Н., Опришко Н. В. // Изв. вуз. Черная металлургия. 1990. – № 1. – С. 22-24.
7. Охотский, В. Б. Физико-химическая механика сталеплавильных процессов / В. Б. Охотский. – М. : Metallurgia, 1993.–151 с.
8. Охотский, В. Б. Гидродинамика процессов взаимодействие газовой струи с жидкостью / В. Б. Охотский. – ИФЖ. – 1984. – Т. 47.– № 4. – С. 550-558.

УДК 621.771.65

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ
ПРОКАТКИ МЕЛЮЩИХ ШАРОВ ИЗ ОТБРАКОВКИ
РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ НА ИХ УДАРНУЮ СТОЙКОСТЬ***

А.А. Уманский, А.Б. Юрьев, А.С. Симачев, Л.В. Думова

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»,

г. Новокузнецк

Введение

Значительное повышение требований к качеству и эксплуатационным характеристикам железнодорожных рельсов, произошедшее в последние десятилетия, обусловили высокий уровень отбраковки непрерывнолитых заготовок рельсовых сталей на предприятиях, производящих рельсовую продукцию [1]. В связи с этим с целью уменьшения потерь закономерно возникла необходимость переработки таких заготовок в нерельсовые виды проката. В отечественной металлургии отбракованные слитки и заготовки рельсовых сталей традиционно перекачивались в мелющие шары [2, 3], что обусловлено схожестью химического состава рельсовых и шаровых сталей. Также имеется и зарубежный опыт производства мелющих шаров из отбраковки рельсовых сталей [4-6].

В последние годы массовое производство мелющих шаров из отбраковки заготовок рельсовой стали марки К76Ф, поставляемых компанией «Мечел», освоено в ОАО «Гурьевский металлургический завод» (ОАО «ГМЗ»). На данном заводе из указанной отбраковки непрерывнолитых заготовок рельсовой стали ежегодно производится 25-40 тыс. т шаров, что составляет 30-50% от общего объема выпуска данного вида продукции на предприятии. При этом следует отметить, что ОАО «ГМЗ» является одним из ведущих производителей мелющих шаров в России (доля мелющих шаров, производимых на данном предприятии, превышает 20% от общероссийского их производства).

Необходимо отметить, что в настоящее время производство мелющих шаров из отбраковки рельсовых сталей связано с рядом объективных трудностей, в значительной степени связанных с произошедшими в последние годы изменениями химического состава и структуры рельсовых сталей, а также с повышением требований к характеристикам мелющих шаров. Наиболее значимой эксплуатационной характеристикой мелющих шаров является их ударная стойкость, которая, как показано рядом исследователей [7], в наибольшей степени определяется качеством их макроструктуры. При этом одним из эффективных методов снижения вероятности образования и уменьшения интенсивности развития внутренних дефектов мелющих шаров является совершенствование температурных режимов их прокатки. Таким образом, выбранное направление исследований, связанное с анализом влияния температурных условий прокатки на их ударную стойкость является актуальным.

Методика исследований

Исследования проводили в два этапа.

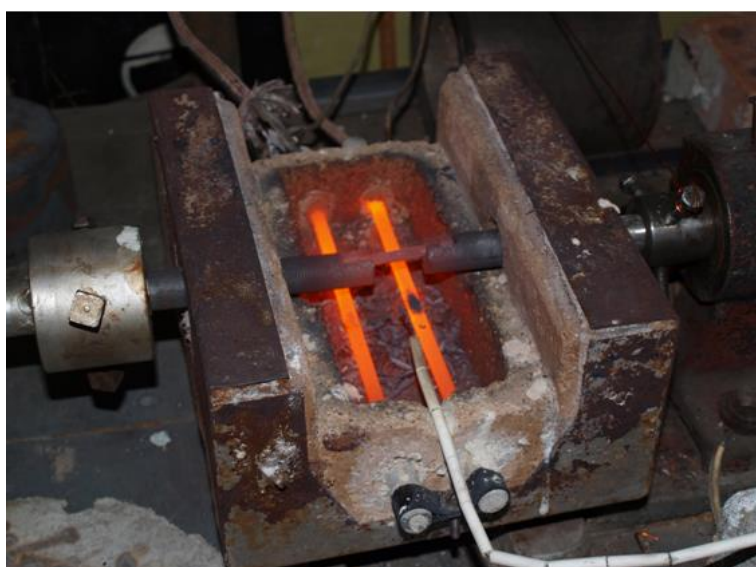
На первом этапе проведены экспериментальные исследования пластичности непрерывнолитых заготовок рельсовой стали К76Ф производства «Мечел» методом горячего кручения с использованием специализированной лабораторной установки (рисунок 1 а). При использовании данной установки образец, имеющий цилиндрическую форму с головками с обеих сторон, помещается в предварительно нагретую до нужной температуры печь сопротивления (рисунок 1 б), где фиксируется в пазах подвижного и неподвижного валов. После выдержки образца в течение 10 мин. для полного и равномерного нагрева образца подвижный вал приводится в движение электродвигателем и вращается вплоть до разрыва образца. Фиксация количества оборотов до разрыва позволяет определить критерий пластичности стали:

$$\lambda_p = \frac{\pi \cdot d_0 \cdot z}{l_0} \quad (1)$$

где z – число оборотов до разрушения; l_0 , d_0 – длина и диаметр исходных цилиндрических образцов соответственно, мм.



а



б

а – общий вид; б – размещение образца в печи сопротивления

Рисунок 1. Лабораторная установка для определения сопротивления пластической деформации методом горячего кручения

Температурный интервал проведения испытания составил 900-1150°C с шагом 50°C. Отбор проб для изготовления образцов проводили из различных зон кристаллизации непрерывнолитых заготовок анализируемой стали, что дало возможность получения более полной информации о ее пластичности.

Второй этап исследований проведен в условиях промышленного шаропрокатного стана ОАО «ГМЗ». В рамках данного этапа анализировали

ударную стойкость мелющих шаров, прокатанных по различным температурным режимам. Ударную стойкость определяли на копровой установке, имеющейся на стане. При выборе температурных режимов руководствовались полученной в ходе первого этапа зависимостью пластичности рельсовой стали К76Ф от температуры ее деформации и технико-экономической эффективностью изменения температурных режимов прокатки, а именно влиянием температуры прокатки на производительность стана. Исследования структуры шаров, прокатанных по различным температурным режимам, проводили с использованием оптического металлографического микроскопа «OLYMPUS GX-51».

Результаты исследований и их обсуждение

На основании экспериментальных исследований пластичности рельсовой стали К76Ф установлено, что зависимость критерия пластичности от температуры деформации является нелинейной (рисунок 2). Так при увеличении температуры деформации от 900°С до 1100-1150°С критерий пластичности возрастает, после чего происходит снижение его величины. Таким образом, при температурах 1100-1150°С наблюдается выраженный максимум пластичности (большее значение температуры максимальной пластичности характерно для корковой зоны непрерывнолитых заготовок, меньшее значение – для зоны столбчатых кристаллов и осевой зоны заготовок).

Температура прокатки шаров в условиях ОАО «ГМЗ» ограничена пределами не более 980°С, что связано с необходимостью достижения температуры последующей закалки шаров, проводимой с прокатного нагрева (температура закалки составляет 780-860°С) и фактически находится в пределах от 900°С до 980°С. Поскольку пластичность стали напрямую определяет вероятность образования дефектов и интенсивность их развития, то повышение температуры прокатки закономерно должно обусловить снижение трещинообразования и, как следствие, повышение ударной стойкости шаров.

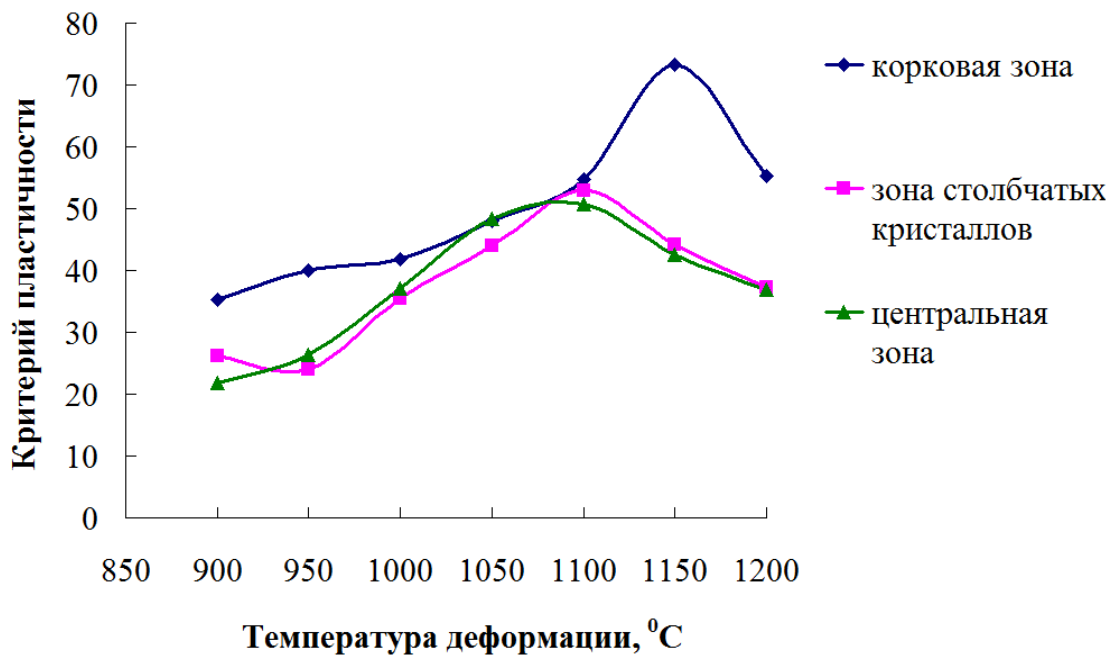


Рисунок 2. Зависимость пластичности непрерывнолитых заготовок стали марки К76Ф от температуры деформации

На основании проведенной статистической обработки данных, установлено, что, действительно, увеличение температуры прокатки в существующем интервале ее изменения (900-980°C) обуславливает снижение отбраковки шаров по результатам копровых испытаний, то есть повышает их ударную стойкость:

$$B_{\text{КОПР}} = 17,9 - 0,015 \cdot [t] \quad (2)$$

где $B_{\text{КОПР}}$ – отбраковка шаров по результатам копровых испытаний, %;
 t – температура начала прокатки шаров, °C.

Исходя из полученных данных повышение температуры прокатки шаров до достижения температур максимальной пластичности (1100-1150°C) приведет к повышению ударной стойкости шаров, однако при этом произойдет снижение производительности прокатного стана, так как увеличится время охлаждения шаров перед закалкой и, кроме того, увеличится продолжительность нагрева заготовок под прокатку.

С целью определения оптимальной температуры прокатки шаров проведены расчеты производительности шаропрокатного стана при изменении

температуры прокатки в рамках интервала 900-1150°C. При проведении расчетов производительности использован «тактовый» подход, когда производится расчет тактов работы отдельных независимых участков (нагрева, прокатки, термообработки и т.д.), а затем из полученных тактов выбирается максимальный, выступающий в роли такта работы всего прокатного стана:

$$T_{\text{ст}} = T_{\text{max}} \{T_1; T_2; \dots; T_n\} \quad (3)$$

где $T_{\text{ст}}$ – такт работы прокатного стана, с;

T_1, T_2, T_n – такт работы участков прокатного стана, с.

С использованием полученного такта работы стана далее рассчитывается его производительность:

$$A_{\text{ст.}} = \frac{3600 \cdot m}{T_{\text{ст}}} k_{\text{и}} \quad (4)$$

где m – масса исходной заготовки, т;

$k_{\text{и}}$ – коэффициент использования стана.

Полученные данные свидетельствуют о нелинейном характере зависимости производительности стана от температуры прокатки шаров (рисунок 3). Повышение температуры прокатки на каждые 10°C в интервале 900-1030°C приводит к снижению производительности шаропркатного стана на 1,0-1,2% в зависимости от конкретной температуры закалки в рамках допустимого интервала (780-860°C). Дальнейшее увеличение температуры до достижения верхней границы рассматриваемого интервала (1150°C) обуславливает уменьшение производительности стана на 2,2-2,5% на каждые 10°C повышения температуры прокатки.

Характер полученной зависимости производительности стана от температуры прокатки шаров (рисунок 3) обусловлен одновременным влиянием температуры прокатки на такты работы участков нагрева заготовок и термообработки шаров.

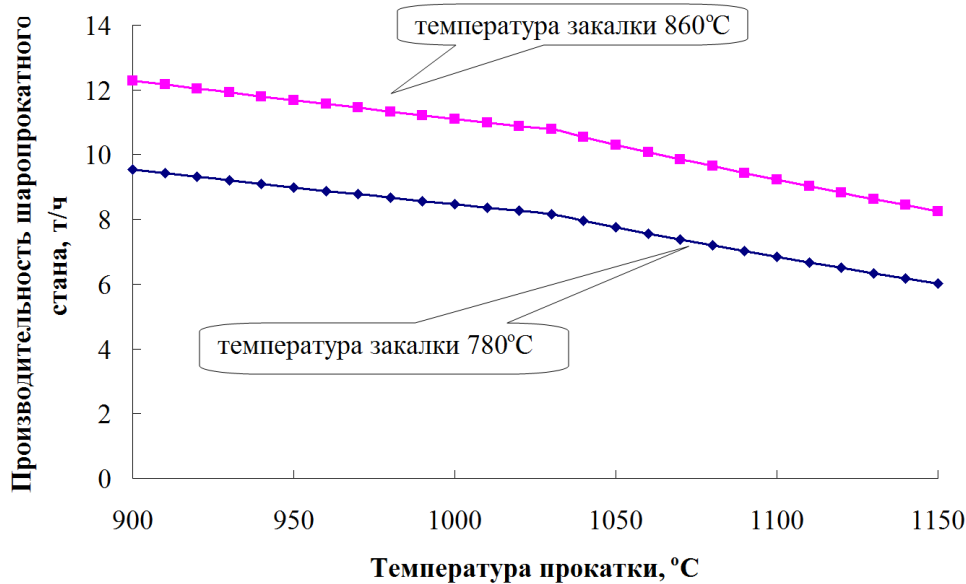


Рисунок 3. Влияние температуры начала прокатки на производительность шаропрокатного стана

Таким образом, полученные результаты теоретических расчетов свидетельствуют, что оптимальной температурой прокатки шаров в условиях ОАО «ГМЗ» является 1030°C.

Для подтверждения полученных результатов на практике проведен опытно-промышленный эксперимент, в ходе которого заготовки рельсовой стали марки К76Ф одной плавки прокатаны на шары диаметром 60 мм по базовому режиму (температура прокатки 980°C) и разработанному режиму (температура прокатки 1030°C).

Результаты металлографических исследований структуры шаров после прокатки (до термообработки) свидетельствуют о значительном снижении трещинообразования при использовании режима с температурой прокатки 1030°C; также зафиксировано повышение ударной стойкости шаров (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние температуры прокатки шаров из рельсовой стали К76Ф на качество их макроструктуры и ударную стойкость

Температура прокатки шаров, °C	Доля шаров с трещинами после прокатки, %	Доля шаров выдержавших 75 ударов, %	Доля шаров, не выдержавших испытания, % (количество ударов до разрушения)
980	12	86	14 (12-29)
1030	0	100	0

Исследованиями микроструктуры шаров после полного цикла термообработки (закалка + отпуск) установлено, что применение режима прокатки с повышенной температурой деформации обуславливает незначительное увеличение размера зерна на поверхности по сравнению с использованием базового режима (таблица 2). Однако при этом изменение среднего размера зерна крайне незначительно, что обусловило отсутствие различий в поверхностной твердости шаров (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние температуры прокатки шаров из рельсовой стали К76Ф на качество их микроструктуры и твердость после термообработки

Температура прокатки шаров, °С	Балл зерна по ГОСТ 5639-82		Поверхностная твердость, HRC
	максимальный	средний	
980	6	5,8	56
1030	5	5,2	56

Заключение

На основании комплекса экспериментальных и теоретических исследований установлено, что повышение температуры прокатки мелющих шаров из отбраковки рельсовой стали марки К76Ф в условиях шаропрокатного стана ОАО «ГМЗ» в рамках существующего интервала ее изменения (900-980°С) обуславливает снижение трещинообразования и повышение ударной стойкости шаров за счет повышения пластичности заготовок при деформации.

Обоснована оптимальная температура прокатки мелющих шаров из отбраковки рельсовой стали марки К76Ф в условиях ОАО «ГМЗ» (1030°С) позволяющая повысить ударную стойкость шаров при сохранении высокой поверхностной твердости (на уровне не ниже 60 HRC) и минимальном снижении производительности шаропрокатного стана.

Список использованных источников

1 Головатенко, А. В. Ввод в эксплуатацию универсального рельсобалочного стана и освоение технологии производства рельсов на современном оборудовании в рельсобалочном цехе ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» / А. В. Головатенко, К. В. Волков, И. В. Александров, Е. П. Кузнецов, В. В.

Дорофеев, О. И. Сапелкин // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. – 2014. – №6 (1374). – С. 32-38.

2. Крутилин, А. Н. Мелющие тела. Проблемы. Перспективы / А. Н. Крутилин, Н. И. Бестужев, А. Н. Бестужев, Д. Н. Каленкович // Литье и металлургия. – 2009. – №4 (53). – С. 26-33.

3. Баранов, Н. А. Производство мелющих шаров из рельсовой стали / Н. А. Баранов, О. Н. Тулупов // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. – 2017. – Т. 1. – С. 96-11.

4. Pater Z., Tomczak J., Bulzak T., Andrietti S., Barbelet M. An innovative method for producing balls from scrap rail heads // International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2018. – Vol. 97. – No. 1-4. – P. 893-901.

5. Tomczak J., Pater Z., Bulzak T. The flat wedge rolling mill for forming balls from heads of scrap railway rails // Archives of Metallurgy and Materials. – 2018. – Vol. 63. – No. 1. – P. 5-12.

6. Tomczak, J., Pater, Z., Bulzak, T. The flat wedge rolling mill for forming balls from heads of scrap railway rails // Archives of Metallurgy and Materials. – 2018. – Vol. 63. – No. 1. – pp. 5-12.

7. Ефременко, В. Г. Металлографический анализ причин разрушения стальных катаных тел для барабанных мельниц / В. Г. Ефременко // Вестник Приазовского государственного технического университета. – 2000. – №9. – С. 89-91.

** Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-29-20170, <https://rscf.ru/project/22-29-20170/>.*

УДК 669.187.012.7

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА МЕТАЛЛОЗАВАЛКИ ПРИ ВЫПЛАВКЕ РЕЛЬСОВОЙ ЭЛЕКТРОСТАЛИ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ТЕХНИКО- ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЕЕ ПРОИЗВОДСТВА

Е.В. Протопопов, Л.В. Думова

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

Введение

В настоящее время в мировой металлургии основная масса стали рельсовых марок выплавляется в кислородных конвертерах. В частности, кислородно-конвертерная рельсовая сталь производится в США, Японии, Австрии, Франции, Италии, Польше. Из литературных данных известно о промышленном производстве стали в дуговых электропечах в Канаде [1], однако завод в настоящее время закрыт.

В отечественной металлургии выплавка рельсовой стали в кислородных конвертерах осуществляется на АО «ЕВРАЗ Нижнетагильский металлургический комбинат («НТМК») и ПАО «Челябинский металлургический комбинат («ЧМК» – входит в состав компании «Мечел»), выплавка стали рельсовых марок в дуговой сталеплавильной печи – на АО «ЕВРАЗ Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат» («ЕВРАЗ ЗСМК»).

Основной причиной малой распространенности производства рельсов из электростали является целевая направленность строительства современных электросталеплавильных цехов с печами большой емкости на обеспечение регионов металлопродукцией промышленного и строительного назначения, поскольку внедрение современных методов интенсификации плавки и внепечной обработки позволяет достичь длительности плавки сопоставимой с кислородными конвертерами. Кроме того, при производстве рельсовых сталей возникает проблема обеспечения низкого и стабильного уровня содержания в

стали остаточных примесей цветных металлов (меди, никеля и хрома), которая не может быть разрешена без внедрения дорогостоящих технологий подготовки металлолома к плавке или замене части лома альтернативными материалами. При этом в качестве таких материалов может выступать, как чугун (жидкий или твердый), так и горячебрикетированное железо. На «НКМК» (в настоящее время входит в состав «ЕВРАЗ ЗСМК») разработана и внедрена начиная с 2000 г. технология выплавки рельсовой в 100- тонных дуговых электропечах с использованием жидкого чугуна [2, 3] (до 30-35% от общей массы металлошихты). Начиная с 2010 г. в связи с закрытием собственного доменного производства в металлошихте используется твердый (чушковый) чугун.

По имеющимся данным [4-6] замена части лома чугуном в металлошихте позволяет добиться ряда существенных преимуществ:

- уменьшить расход топлива (природного газа);
- снизить расход науглероживателей (кокса);
- сократить затраты на подготовку металлолома к плавке;
- уменьшить концентрацию азота в стали, вследствие интенсификации окислительного периода и общего уменьшения продолжительности плавки;
- снизить расход огнеупорных изделий за счет уменьшения перепадов температур и отсутствия механических разрушений футеровки при загрузке тяжеловесной металлошихты;
- уменьшить загрязненность стали экзогенными неметаллическими включениями.

При этом оценку технико-экономической эффективности использования чугуна в металлозавалке дуговых электропечей и выбор оптимального расхода чугуна следует проводить для условий конкретного агрегата и с учетом текущего уровня цен на материалы и энергоносители. Таким образом, выбранное направление исследований по анализу влияния состава металлозавалки дуговой электропечи при выплавке рельсовой стали на величину производственных затрат и производительность является актуальным.

Методика исследований

Исследования влияния состава металлозавалки на технико-экономические показатели производства рельсовой стали в электросталеплавильном цехе «ЕВРАЗ ЗСМК» проводили методом пассивного эксперимента с использованием стандартной методики множественного регрессионного анализа. В качестве базы использован массив из 500 плавков рельсовой стали марки Э76Ф, произведенных с использованием жидкого чугуна и 500 плавков стали Э76ХФ, произведенных с использованием твердого («чушкового») чугуна.

Анализировали влияние соотношения чугуна и лома в металлозавалке на следующие показатели: удельные расходы электроэнергии, кислорода, и извести; содержание марганца и кремния на выпуске из печи (характеризует расход ферросплавов); безвозвратные потери металла (угар); длительность плавки.

Результаты исследований и их обсуждение

По результатам проведенного анализа установлено, что соотношение чугуна и лома в металлошихте электроплавки оказывает значимое влияние на следующие параметры: удельные расходы электроэнергии и кислорода, содержание марганца на выпуске из печи, длительность плавки.

При повышении доли чугуна в металлозавалке (как жидкого, так и твердого) удельный расход электроэнергии имеет тенденцию к снижению (рисунок 1).

При этом в количественном выражении более выраженное влияние на расход электроэнергии оказывает изменение доли жидкого чугуна, что обусловлено повышенным теплосодержанием жидкого чугуна по сравнению с твердым и, соответственно, сокращением длительности периода плавления.

Касательно влияния состава металлозавалки на удельный расход кислорода можно отметить, что увеличение доли чугуна в металлошихте обуславливает повышение данного показателя вне зависимости от агрегатного состояния используемого чугуна (рисунок 2). Такой характер зависимости

вызван необходимостью окисления дополнительного углерода, вносимого чугуном.

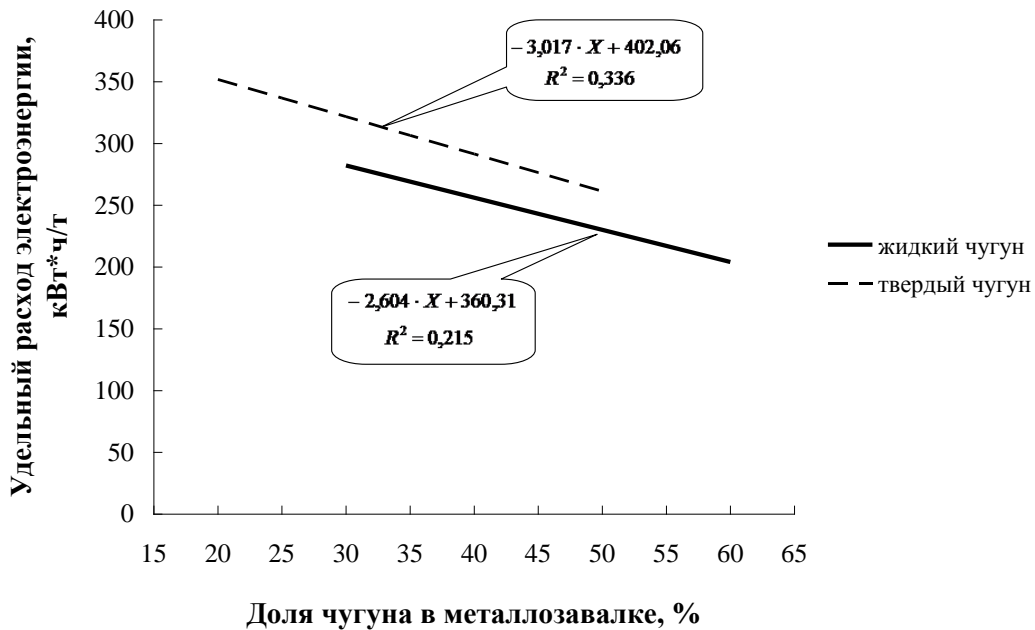


Рисунок 1. Влияние доли чугуна в металлозавалке на удельный расход электроэнергии при выплавке рельсовой стали в дуговой электропечи

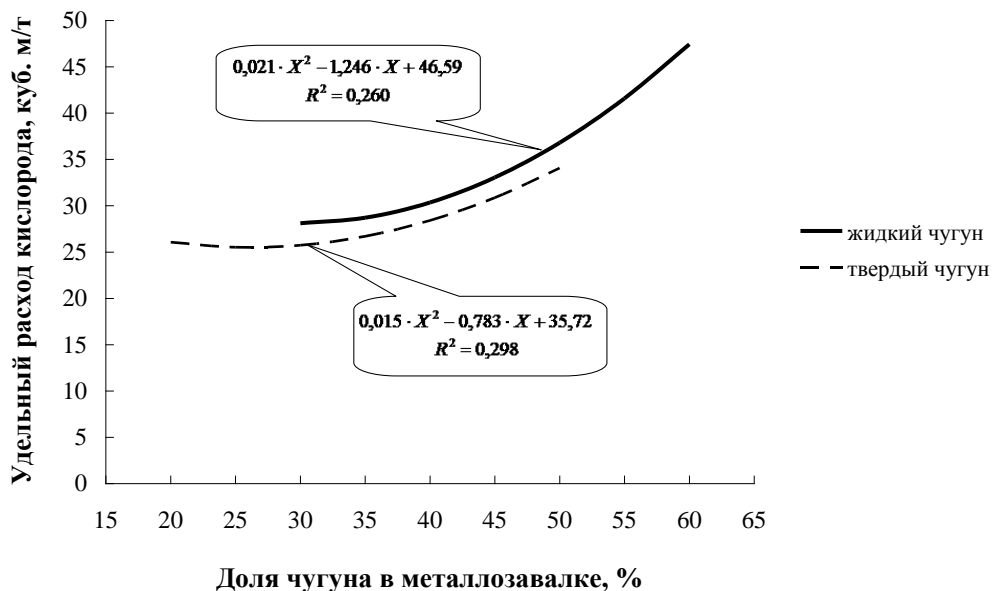


Рисунок 2. Влияние доли чугуна в металлозавалке на удельный расход кислорода при выплавке рельсовой стали в дуговой электропечи

Согласно полученных данных повышение доли чугуна в составе металлозавалки приводят к снижению содержания марганца на выпуске из печи

(рисунок 3), что объясняется пониженным содержанием марганца в чугунае относительно лома и повышенным окислением марганца за счет увеличения продувки кислородом.

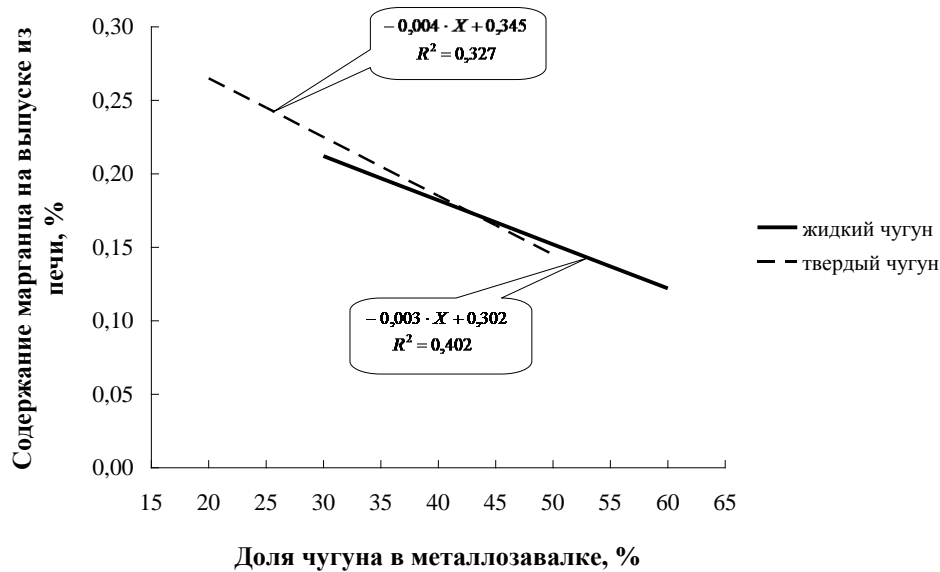


Рисунок 3. Влияние доли чугуна в металлозавалке на содержание марганца

на выпуске из дуговой электропечи при выплавке рельсовой стали

Зависимость продолжительности плавки от соотношения чугуна и лома в металлозавалке имеет ярко выраженный параболический характер с наличием выраженного минимума (рисунок 4).

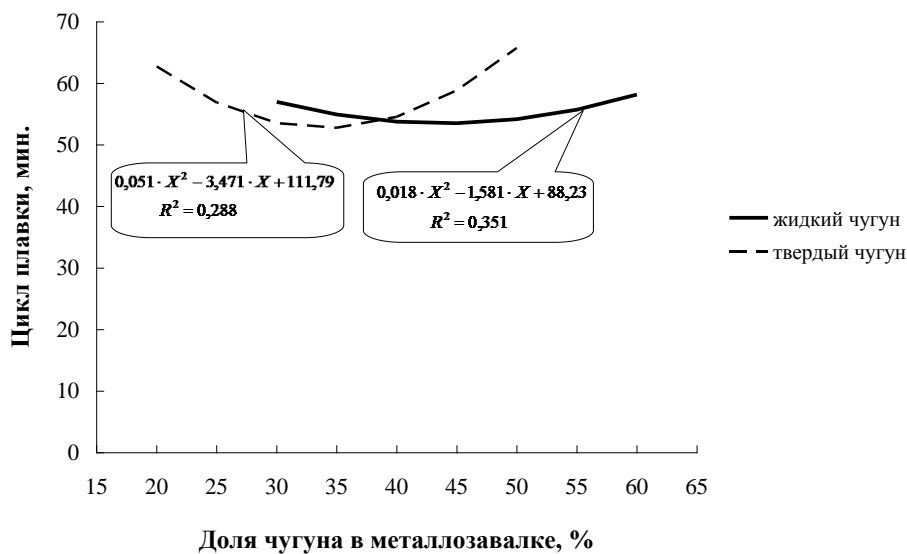


Рисунок 4. Влияние доли чугуна в металлозавалке на продолжительность плавки рельсовой стали в дуговой электропечи

При этом указанный минимум при использовании жидкого чугуна в металлошихте имеет место при доле жидкого чугуна в завалке на уровне 35-40 %, а при использовании твердого чугуна – на уровне 30-35 %. Полученный характер зависимости обусловлен разнонаправленным влиянием доли чугуна в завалке на продолжительность отдельных периодов плавки, в сумме формирующих ее общую длительность (период плавления, окислительный период, количество подвалок металлолома), а также нелинейным изменением продолжительности самих периодов. Так при увеличении доли чугуна в шихте с одной стороны происходит снижение продолжительности периода плавления, а также уменьшение количества подвалок металлолома, но при этом имеет место увеличение продолжительности окислительного периода.

На основании полученных данных разработана и реализована в программе «Excel» статистическая модель влияния состава металлошихты на технико-экономические показатели работы электросталеплавильного цеха при выплавке рельсовой стали. В качестве параметров оптимизации выбраны: суммарные затраты по статьям себестоимости, зависящим от состава металлошихты и производительность цеха по жидкой стали.

В качестве компонентов, формирующих суммарные затраты по зависящим от состава металлошихты статьям себестоимости выступили: затраты на шихтовые материалы (чугун и лом), затраты на электроэнергию, кислород, ферросплавы:

$$Z_{\text{СУМ}} = (P_{\text{ЧУГ}} \cdot C_{\text{ЧУГ}} + P_{\text{ЛОМ}} \cdot C_{\text{ЛОМ}} + P_{\text{ЭЛ.ЭН.}} \cdot C_{\text{ЭЛ.ЭН.}} + P_{\text{КИСЛ.}} \cdot C_{\text{КИСЛ.}} + P_{\text{ФЕР.}} \cdot C_{\text{ФЕР.}}), \quad (1)$$

где $P_{\text{ЧУГ}}$, $P_{\text{ЛОМ}}$, $P_{\text{ЭЛ.ЭН.}}$, $P_{\text{КИСЛ.}}$, $P_{\text{ФЕР.}}$ – удельные расходы чугуна, лома, электроэнергии, кислорода и ферросплавов соответственно;

$C_{\text{ЧУГ}}$, $C_{\text{ЛОМ}}$, $C_{\text{ЭЛ.ЭН.}}$, $C_{\text{КИСЛ.}}$, $C_{\text{ФЕР.}}$ – цена чугуна, лома, электроэнергии, кислорода и ферросплавов соответственно.

Расход марганецсодержащих ферросплавов обратно пропорционален содержанию марганца на выпуске из печи. С учетом содержания марганца в

ферросплаве и его угаром удельный расход ферросплавов определяется по следующей формуле:

$$P_{\text{ФЕР.}} = \frac{10 \cdot (C_{\text{ГОТ}} - C_{\text{ВЫП}})}{C_{\text{Ф}} \cdot (100 - Y)} \quad \text{т/т} \quad (2)$$

где $C_{\text{ГОТ}}$, $C_{\text{ВЫП}}$, $C_{\text{Ф}}$ – содержание марганца в готовой стали, на выпуске из печи и в ферросплаве соответственно, %;

Y – угар марганца, %.

Производительность цеха по жидкой стали определяется по формуле:

$$P_{\text{ЗАГ}} = \frac{1440 \cdot M}{100 \cdot T} \cdot V \cdot \Phi, \quad (3)$$

где M – масса металлозавалки, т;

V – выход жидкой стали, %;

Φ – фонд времени работы цеха, сут/год;

T – цикл плавки, мин.

Для ввода исходных данных используется «окно» (рисунок 5), в котором в качестве изменяющихся данных выступают: цены на чугун, металлический лом, электроэнергию, кислород и марганецсодержащие ферросплавы, средняя масса металлозавалки, выход жидкой стали, фактическое время работы цеха, среднее содержание марганца в ферросплавах, угар марганца при раскислении и легировании.

Наименование параметра	Единица измерения	Значение параметра
Средняя масса металлозавалки	т	120
Выход жидкой стали	%	95
Фонд времени работы цеха	сут./год	300
Цена чугуна	руб/т	40000
Цена металлолома	руб/т	36000
Цена электроэнергии	руб/(кВт*час)	2
Цена кислорода	руб/куб. м	1
Цена марганецсодержащего ферросплава	руб/т	100000
Среднее содержание марганца в ферросплаве	%	50
Среднее содержание марганца в готовой стали	%	0,8
Средний угар марганца	%	15

Рисунок 5. Общий вид «окна» для ввода данных модели расчета технико-экономических показателей выплавки рельсовой стали в дуговой электропечи

После ввода исходных данных производится прогнозный расчет удельных расходов электроэнергии и кислорода, содержания марганца на выпуске из печи и длительности плавки по уравнениям регрессии, представленным на рисунках 1-4. Затем определяется прогнозируемая величина суммарных затрат по статьям, зависящим от соотношения чугуна и лома в металлозавалке и прогнозируемая производительность цеха. Полученные результаты расчетов выводятся на экран в виде графиков, примеры которых представлены на рисунках 6 и 7.

Использование разработанной модели позволяет выработать обоснованные рекомендации по оптимизации доли чугуна в металлозавалке для текущего уровня цен на используемые при электроплавке материалы и энергоносители с учетом изменения производительности цеха.

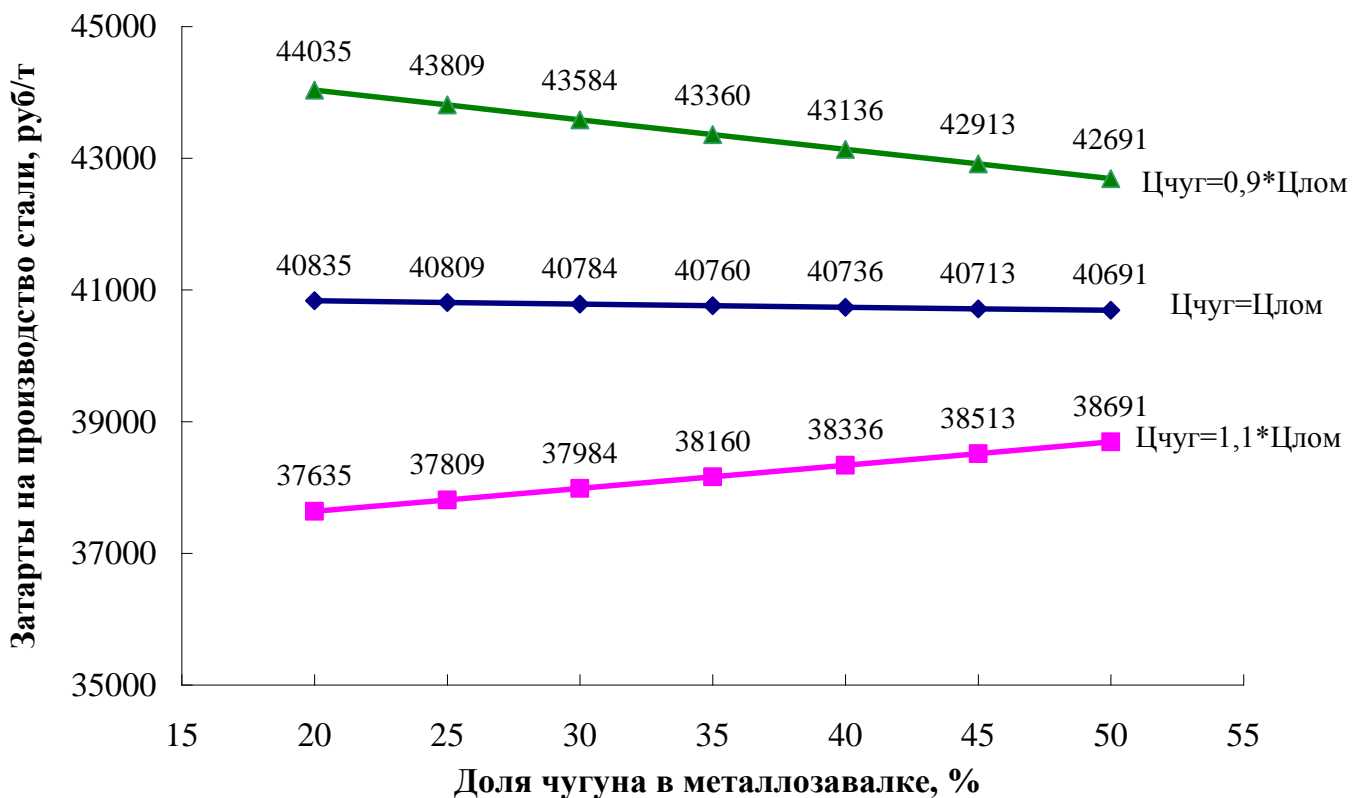


Рисунок 6. Зависимость затрат на производство рельсовой стали в дуговой электропечи от состава металлозавалки при различном соотношении цен на твердый чугун и лом

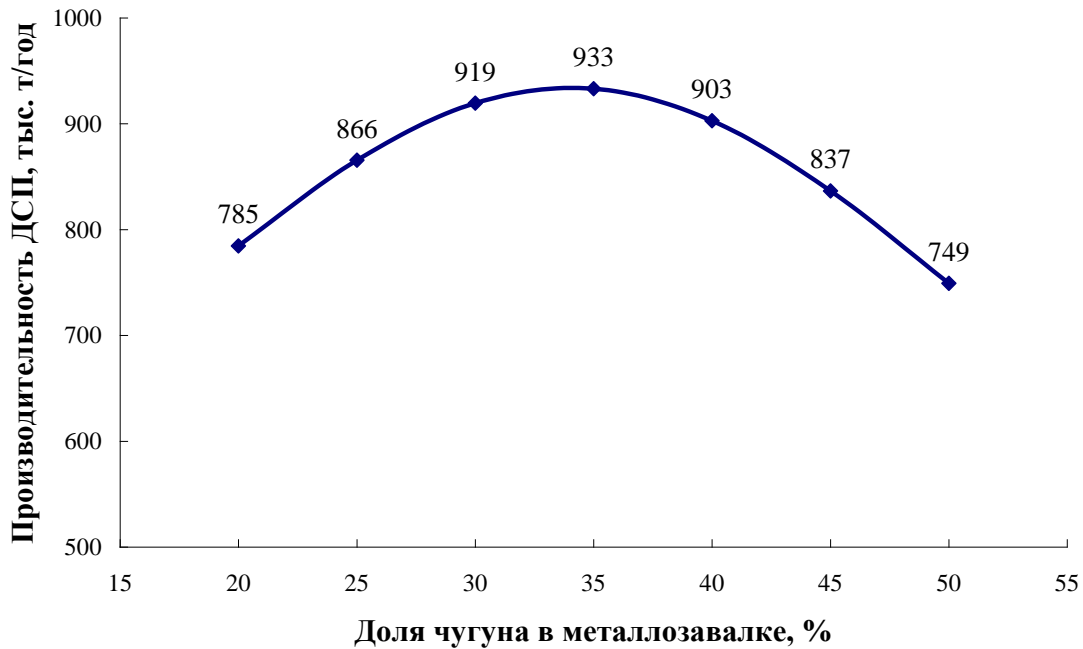


Рисунок 7. Влияния состава металлозавалки при выплавке рельсовой стали на производительность дуговой электропечи

Заключение

На основании статистических исследований определено количественное влияние соотношения чугуна и лома в металлозавалке при выплавке рельсовой стали в дуговой электропечи на технико-экономические показатели производства.

С использованием полученных данных разработана и реализована в «Excel» статистическая модель влияния состава металлозавалки на затраты на производство рельсовой стали и производительность дуговой электропечи, позволяющая выработать обоснованные рекомендации по оптимизации доли чугуна в металлошихте с учетом текущего уровня цен на материалы и энергоносители.

Список использованных источников

1. Перспективы развития рельсового производства в России [Электронный ресурс] / А.И. Борц [и др.] // www.rusnauka.com/17_AVSN_2012/Economics/9-112679.doc.html.

2. Применение жидкого чугуна в дуговых электропечах / А. И. Катунин [и др.] // *Металлург.* – 2000. – №6. – С.32.
3. Использование жидкого чугуна при выплавке стали в дуговых электропечах / Годик Л. А. [и др.] // *Электromеталлургия.* – 2002. – №1. – С.9-14.
4. Экономические аспекты использования жидкого чугуна в электросталеплавильном производстве / А. И. Катунин [и др.] // *Металлург.* – 2000. – № 11. – С.38-39.
5. Экономические аспекты использования жидкого чугуна / А. И. Катунин [и др.] // *Сталь.* – 2001. – №7. – С. 26-27.
6. Железнодорожные рельсы из электростали / Н. А. Козырев [и др.]. – Новокузнецк, 2006. – 388 с.

УДК 669.187

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ
ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ
ИЗ ШЛАКОВЫХ РАСПЛАВОВ**

Н.Ф. Якушевич, Е. В. Протопопов, М. В. Темлянцев

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

Введение

В технологической практике для получения сплавов и лигатур с ЩЗМ в руднотермических электропечах в присутствии в качестве растворителя кремния (например, при плавке ферросилиция, силикокальция, силикобария) образуются шлаковые расплавы, в которых коэффициент активности оксидов ЩЗМ снижается на порядки (для CaO – в 10 – 100 раз [1 – 3]), что может значительно снизить эффективность процессов восстановления.

На сегодняшний день теоретические данные по активностям компонентов в шлаковых расплавах, содержащих BaO, SrO, отсутствуют даже для простых

бинарных систем ($\text{BaO} - \text{SiO}_2 \dots \text{SrO} - \text{SiO}_2$,) и, тем более, для более сложных трех-четырёхкомпонентных расплавов ($\text{CaO} - \text{BaO} - \text{SrO} - \text{SiO}_2 - \dots$), образующихся, например, при переработке карбонатитовых барий-стронциевых концентратов, содержащих до 25 % CaO , до 18 % BaO , до 9 % SrO , до 30 % SiO_2 , до 23 % CO_2 .

Термодинамика восстановления щелочноземельных металлов из шлаковых расплавов

Диаграммы состояния бинарных систем $\text{CaO} - \text{SiO}_2$ [4, 5], $\text{SrO} - \text{SiO}_2$ [5 – 10], $\text{BaO} - \text{SiO}_2$ [6, 8, 9] с учетом исследований тройных систем $\text{CaO} - \text{SrO} - \text{SiO}_2$, $\text{SrO} - \text{BaO} - \text{TiO}_2$, $\text{SrO} - \text{BaO} - \text{Ti}_2\text{O}$, $\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$ представлены на рис. 1 [11 – 15]. Видно как строение (и, очевидно, свойства расплавов) данных систем в значительной степени аналогичны. Во всех системах образуются конгруэнтно плавящиеся тугоплавкие силикаты ЩЗМ типа $2\text{MeO} \cdot \text{SiO}_2$: $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ($t_m = 2130$ °C), $2\text{SrO} \cdot \text{SiO}_2$ (~1800 °C), $2\text{BaO} \cdot \text{SiO}_2$ (1760 °C) и моносилкаты $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (1544 °C), $\text{SrO} \cdot \text{SiO}_2$ (1578 °C), $\text{BaO} \cdot \text{SiO}_2$ (1604 °C), образующие достаточно легкоплавкие эвтектики e_1 (1436 °C, 1358 °C, 1410 °C (для $\text{BaO} \cdot 2\text{SiO}_2$)) и e_2 (1460 °C, 1550 °C, 1560 °C).

Области гомогенных расплавов при температурах 1600 – 1700 °C лежат между линиями ликвидуса, ограничивающими двухфазные области $\text{Ж} + \text{MeO} \cdot \text{SiO}_2(\text{тв})_в$ (или $\text{Ж} + 2 \text{MeO} \cdot \text{SiO}_2$) и $\text{Ж} + \text{SiO}_2(\text{тв})$ (кристобалит, тридимит). Это предопределяет ход изотерм активностей компонентов на диаграмме, представленной на рис. 2 в координатах $x_{\text{SiO}_2} - a_{\text{SiO}_2}$ при температурах 1600 – 1700 °C. Знакопеременный по отношению к закону Рауля ход изотерм активностей позволяет достаточно точно фиксировать точку их пересечения с линией закона Рауля ($a_{\text{SiO}_2} = x_{\text{SiO}_2}; y_{\text{SiO}_2} = 1$): точки C_1, C_2 на изотермах активностей системы $\text{CaO} - \text{SiO}_2$; точки $S_1 - S_2$ – на изотермах активностей системы $\text{SrO} - \text{SiO}_2$ и точки $B_1 - B_2$ – на изотермах активностей системы $\text{BaO} - \text{SiO}_2$.

В области гомогенных расплавов диаграмм состояния систем $\text{SrO} - \text{SiO}_2$, $\text{BaO} - \text{SiO}_2$ и $\text{CaO} - \text{SiO}_2$ (рис. 1, а – в) нанесены линии изоактивностей

диоксида кремния, построенные по изображенным на рис. 2 изотермам.

Значения активностей оксидов ЩЗМ в эвтектических точках трехфазных инвариантных равновесий в системе SrO – SiO₂:

$$e_1(\text{ж}_{e_1} + \text{SiO}_2(\text{ТВ}) + \text{SrO} \cdot \text{SiO}_2(\text{ТВ})), t_{e_1} = 1358^\circ\text{C}, x_{\text{SiO}_2} \approx 0,68;$$

$$e_2(\text{ж}_{e_2} + 2\text{SrO} \cdot \text{SiO}_2(\text{ТВ}) + \text{SrO} \cdot \text{SiO}_2(\text{ТВ})), t_{e_2} = 1550^\circ\text{C}, x_{\text{SiO}_2} \approx 0,485;$$

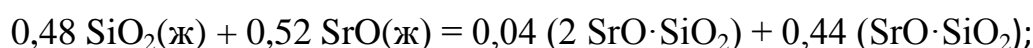
в системе BaO – SiO₂ в точках:

$$e_1(\text{ж}_{e_1} + \text{SiO}_2(\text{ТВ}) + \text{BaO} \cdot 2\text{SiO}_2(\text{ТВ})), t_{e_1} = 1374^\circ\text{C}, x_{\text{SiO}_2} = 0,74;$$

$$e_2(\text{ж}_{e_2} + 2\text{BaO} \cdot 3\text{SiO}_2(\text{ТВ}) + \text{BaO} \cdot \text{SiO}_2(\text{ТВ})), t_{e_2} = 1410^\circ\text{C}, x_{\text{SiO}_2} = 0,58;$$

$$e_3(\text{ж}_{e_3} + \text{BaO} \cdot \text{SiO}_2(\text{ТВ}) + 2\text{BaO} \cdot \text{SiO}_2(\text{ТВ})), t_{e_2} = 1560^\circ\text{C}, x_{\text{SiO}_2} = 0,485;$$

определялись из констант равновесия эвтектических реакций кристаллизации [15], например, для реакции эвтектической кристаллизации расплава состава e_2 системы SrO – SiO₂ (1)



$$\Delta G_{(1)1823\text{K}}^\circ = 0,04\Delta G_{1823\text{K}}^\circ(2\text{SrO} \cdot \text{SiO}_2) + 0,44\Delta G_{1823\text{K}}^\circ(\text{SrO} \cdot \text{SiO}_2);$$

$$\lg K_{(1)1823} = -\frac{\Delta G_{1823\text{K}}^\circ}{19,14 \cdot 1023} = 2,0 \quad (1)$$

$$\Delta G_{(1)1823}^\circ = -69550 \text{ Дж};$$

$$K_{(1)} = \frac{1}{a_{\text{SiO}_2}^{0,48} \cdot a_{\text{SrO}}^{0,52}}.$$

Приняв по экстраполированным (рис. 1, а) значениям активности SiO₂ в точке e_2 $a_{\text{SiO}_2} \approx 0,11$, можно определить значения активности SrO

$$\lg a_{\text{SrO}} = -1,94 \lg K_{(1)} + 0,9 = -2,97; a_{\text{SrO}(e_2)} = 0,001.$$

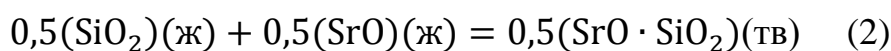
Использованные в работе значения $\Delta G^\circ = f(T)$ для силикатов ЩЗМ приведены в табл. 1.

Таблица 1 - Энергия Гиббса $\Delta G^\circ = f(T)$ образования оксидов из элементов и силикатов ШЗМ из оксидов

Силикат	$\Delta G^\circ = f(T)$, Дж	Источник
SiO ₂	-911700+196,65T	[2]
SrO	-721090+178T	[2]
BaO	-715000+180T	[2]
CaO	-795910+195,2T	[2]
SrO·SiO ₂	-148049-7,66T	[6, 11]
2SrO·SiO ₂	-214347+28,91T	[6, 11]
BaO·2SiO ₂	-156871+68,226T	[6, 7]
2BaO·3SiO ₂	-334850+0,0154T	расчет
BaO·SiO ₂	-177980+13,043T	[6, 15]
2BaO·SiO ₂	-302070+0,056T	[6]
CaO·SiO ₂	-83300-3,43T	[2, 4]
2CaO·SiO ₂	-144460-13,98T	[2, 4]

В результате аналогичных расчётов для точек инвариантных равновесий систем SrO·SiO₂, BaO·SiO₂, CaO·SiO₂, выполненных по методике работы [16] с использованием исходных термодинамических данных $\Delta G^\circ = f(T)$, которые представлены в табл. 1, получены в реперных точках значения $a_{\text{MeO}_{\text{ШЗМ}}}$, обозначенные также на рис. 2.

Для двухфазных равновесий (Ж + MeO·SiO₂(ТВ) (т. м'), Ж + 2MeO·SiO₂(ТВ) (т. м'')) также можно рассчитать значения a_{MeO} , например, для точки м' системы SrO·SiO₂ процесс кристаллизации (плавления) силиката SrO·SiO₂ описывается реакцией



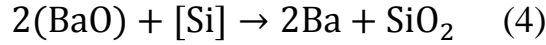
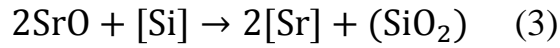
$$\Delta G_{(2)1851}^\circ = -81113 \text{ Дж}; a_{\text{SiO}_2} = 0,2;$$

$$\lg K_2 = \frac{81113}{19,14 \cdot 1851} = 2,209; K_{(2)1851} = 194,7;$$

$$K_{(2)} = \frac{1}{a_{\text{SiO}_2}^{0,5} \cdot a_{\text{SrO}}^{0,5}}; \lg a_{\text{SrO}} = -\lg a_{\text{SiO}_2} - 2\lg K_{(2)} = 0,7 - 4,578 = -3,878;$$

$$a_{\text{SrO}} = 1,32 \cdot 10^{-4}.$$

Равновесные параметры гомогенного шлакового расплава можно оценить применительно к процессу углеродосиликотермического восстановления из констант равновесия реакций:



$$K_{(3)} = \frac{a_{[\text{Sr}]^2} \cdot a_{(\text{SiO}_2)}}{a_{(\text{SrO})}^2 \cdot a_{[\text{Si}]}}; K_{(4)} = \frac{a_{[\text{Ba}]^2} \cdot a_{(\text{SiO}_2)}}{a_{(\text{BaO})}^2 \cdot a_{[\text{Si}]}}$$

$$\lg a_{(\text{SrO})} = \lg a_{[\text{Sr}]} + 1/2 \lg a_{(\text{SiO}_2)} - 1/2 \lg a_{[\text{Si}]} - 1/2 \lg K_{(3)};$$

$$\lg a_{(\text{BaO})} = \lg a_{[\text{Ba}]} + 1/2 \lg a_{(\text{SiO}_2)} - 1/2 \lg a_{[\text{Si}]} - 1/2 \lg K_{(4)}.$$

В высококремнистых сплавах ($\text{Si} > 50 \%$) значения активности кремния близки к равновесным для реакции (3), в железокремнистых сплавах при 1600 – 1700 °С $a_{\text{Si}} \approx 0,6 \div 0,8$ [8]. Область гомогенных шлаковых расплавов при этих температурах распределяется в интервале концентраций $x_{(\text{SiO}_2)} = 0,6 \div 0,72$ (54 – 39 % (по массе) SrO; $a_{\text{SiO}_2} = 0,7 \div 1,0$).

Тогда значения $\lg K_{(3)}$ и $\lg K_{(4)}$ можно определить из уравнений

$$\lg K_{(3)} = \frac{-\Delta G_{(3)}^\circ}{2,303RT}; \lg K_{(4)} = \frac{-\Delta G_{(4)}^\circ}{2,303RT};$$

$$\Delta G_{(3)}^\circ = \Delta G_{\text{SiO}_2}^\circ - 2\Delta G_{\text{SrO}}^\circ; \Delta G_{(4)}^\circ = \Delta G_{\text{SiO}_2}^\circ - 2\Delta G_{\text{BaO}}^\circ.$$

В работе [1] с использованием результатов исследований [17, 18] определены значения a_{Sr} при 1493 °С как функции концентрации кремния в сплаве $a_{[\text{Sr}]} = f(x_{[\text{Si}]})$ при $x_{[\text{Si}]} = 0 \div 0,5$ и $a_{[\text{Ba}]}$ при 1450 °С и $x_{\text{Si}} = 0 \div 0,3$.

Зависимости изменения $\lg a_{(\text{SrO})} = f(x_{(\text{SiO}_2)}, x_{[\text{Si}]})$ и $\lg a_{(\text{BaO})} = f(x_{(\text{SiO}_2)}, x_{[\text{Si}]})$ представлены на рис. 3, 4.

Расчетные значения активностей кремния в металлических расплавах качественно согласуются результатами исследований в работах [20 – 27], активностей SiO_2 в шлаковых расплавах систем $\text{CaO} - \text{SiO}_2$ и $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ в работах [4, 27], равновесных значений активностей компонентов в системах металл – шлак в работах [3, 20, 28, 29].

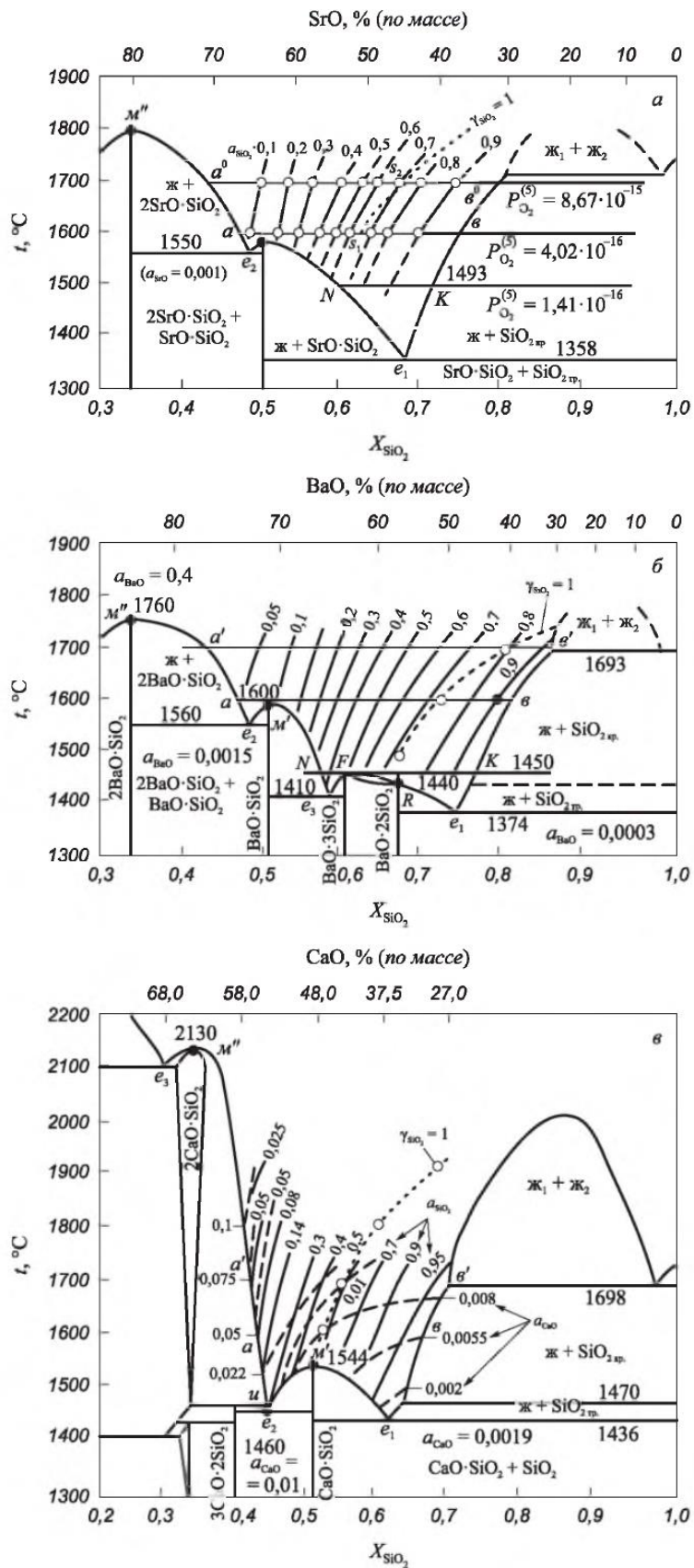


Рисунок 1. Диаграммы состояния систем SrO – SiO₂ (а), BaO – SiO₂ (б), CaO – SiO₂(в)

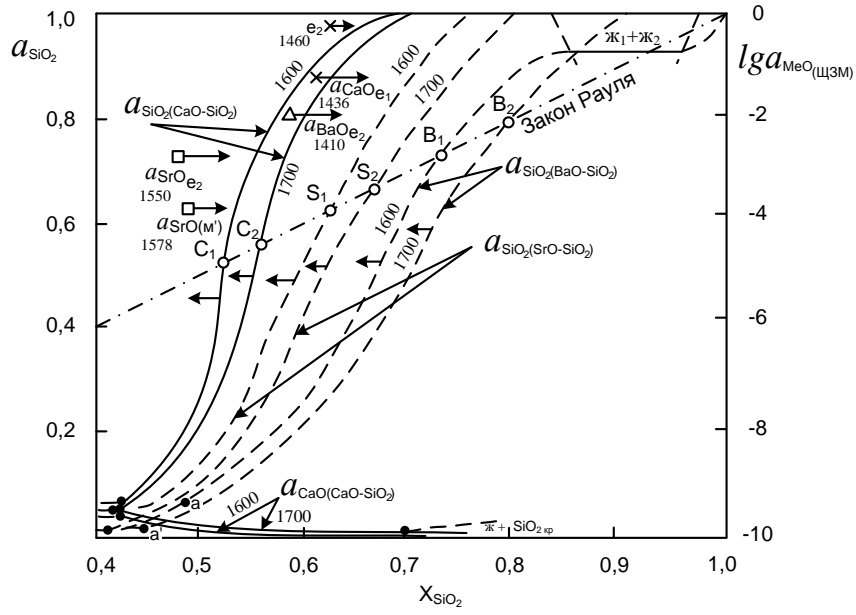


Рисунок 2. Активности компонентов в расплавах систем $\text{CaO} - \text{SiO}_2$, $\text{BaO} - \text{SiO}_2$ и $\text{SrO} - \text{SiO}_2$: Δ , \square , \times – расчетные значения $\lg a(\text{BaO}, \text{SrO}, \text{CaO})$ в точках инвариантных равновесий e_1 , e_2 , m'

Таблица 2 - Параметры инвариантных равновесий в бинарных системах SrO – SiO₂, BaO – SiO₂, CaO – SiO₂

Система	Точки составов	T, К	Состав жидкой фазы		Реакция	ΔG°, кДж	K _p	a _{SiO₂}	a _{CaO}	a _{BaO}	a _{SrO}
			x _{SiO₂}	SiO ₂ , % масс.							
SrO – SiO ₂	e ₁	1631	0,670	53,0	0,67SiO ₂ + 0,33SrO = 0,34SiO ₂ (ТВ) + 0,33(SrO·SiO ₂)(ТВ)	-37,30	$K = \frac{1}{a_{SrO}^{0,32}} = 15,66$	1,0			1·10 ⁻⁸
	e ₂	1823	0,480	34,5	0,48SiO ₂ + 0,52SrO = 0,04(SiO ₂ ·2SrO)(ТВ) + 0,44(SiO ₂ ·SrO)(ТВ)	-69,55	$K = \frac{1}{a_{SiO_2}^{0,48} \cdot a_{SrO}^{0,52}} = 1,99$	0,1			1·10 ⁻⁴
	m'(SrO – SiO ₂)	1851	0,500	38,0	0,5(SiO ₂)(ж) + 0,5(SrO)(ж) = 0,5(SrO·SiO ₂)(ТВ)	+71,00	$K = \frac{1}{a_{SiO_2}^{0,5} \cdot a_{SrO}^{0,5}} = 0,01$	0,2			3·10 ⁻⁵
	m''(2SrO – SiO ₂)	2073	0,330	20,0	0,33(SiO ₂)(ж) + 0,66(SrO)(ж) = 0,33(2SrO·SiO ₂)(ТВ)	-165,00	$K = \frac{1}{a_{SiO_2}^{0,37} \cdot a_{SrO}^{0,67}} = 1,01$	~0,001			1,5·10 ⁻³
BaO – SiO ₂	e ₁	1647	0,750	50,0	0,75SiO ₂ + 0,25BaO = 0,25SiO ₂ (трид) + 0,25(BaO·2SiO ₂)(ТВ)	-27,3	$K = \frac{1}{a_{SiO_2}^{0,79} \cdot a_{BaO}^{0,25}} = 7,34$	0,31		3,43·10 ⁻⁴	
	e ₂	1683	0,580	65,0	0,58SiO ₂ + 0,42BaO = 0,1(BaO·SiO ₂)(ТВ) + 0,16(2BaO·3SiO ₂)(ТВ)	-68,97	$K = \frac{1}{a_{SiO_2}^{0,58} \cdot a_{BaO}^{0,42}} = 138$	0,45		2,42·10 ⁻⁵	
	e ₃	1823	0,480	27,0	0,48SiO ₂ + 0,52BaO = 0,44(BaO·SiO ₂) + 0,04(2BaO·SiO ₂)(ТВ)	-69,58	$K = \frac{1}{a_{SiO_2}^{0,48} \cdot a_{BaO}^{0,52}} = 100$	0,08		1,46·10 ⁻³	
	m'(BaO – SiO ₂)	1873	0,500	30,0	0,5SiO ₂ + 0,5BaO = 0,5(BaO·SiO ₂)(ТВ)	-76,77	$K = \frac{1}{a_{SiO_2}^{0,5} \cdot a_{BaO}^{0,5}} = 138,4$	0,09		6,5·10 ⁻⁴	
	m''(2BaO – SiO ₂)	2033	0,333	17,0	0,333SiO ₂ + 0,667BaO = 0,333(2BaO·SiO ₂)(ТВ)	-10,11	$K = \frac{1}{a_{SiO_2}^{0,33} \cdot a_{BaO}^{0,667}} = 1,82$	0,01 – 0,005		0,4	
CaO – SiO ₂	e ₁	1709	0,610	64,0	0,61SiO ₂ + 0,39CaO = 0,39(CaO·SiO ₂)(ТВ) + 0,22SiO ₂ (трид)	-161,41	$K = \frac{1}{a_{SiO_2}^{0,61} \cdot a_{CaO}^{0,39}} = 3,53$	1,0	0,0019		
	e ₂	1733	0,440	45,5	0,44SiO ₂ + 0,56CaO = 0,2(CaO·SiO ₂)(ТВ) + 0,12(3CaO·2SiO ₂)(ТВ)	-115,66	$K = \frac{1}{a_{SiO_2}^{0,44} \cdot a_{CaO}^{0,56}} = 3,48$	0,2	0,01		
	m'(CaO – SiO ₂)	1817	0,500	52,0	0,5SiO ₂ + 0,5CaO = 0,5(CaO·SiO ₂)(ТВ)	-44,77	$K = \frac{1}{a_{SiO_2}^{0,5} \cdot a_{CaO}^{0,5}} = 1,28$	0,5	0,007		
	m''(2CaO – SiO ₂)	2403	0,330	35,0	0,333SiO ₂ + 0,666CaO = 0,333(2CaO·SiO ₂)(ТВ)	-45,77	$K = \frac{1}{a_{SiO_2}^{0,333} \cdot a_{CaO}^{0,666}} = 1,0$	0,001			

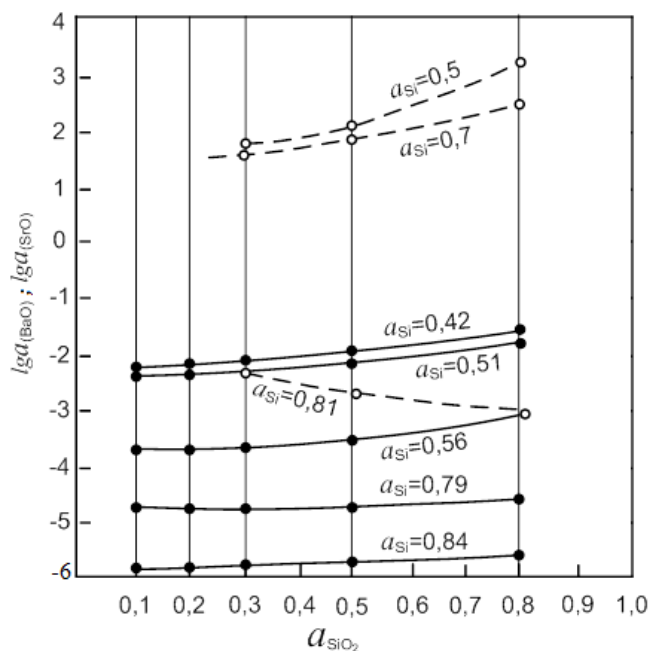


Рисунок 3. Зависимости $lga_{(SrO)} = f(a_{(SiO_2)}, a_{[Si]})$ при 1493 °C (—●—●—) и $lga_{(BaO)} = f(a_{(SiO_2)}, a_{[Si]})$ при 1450 °C (—○—○—)

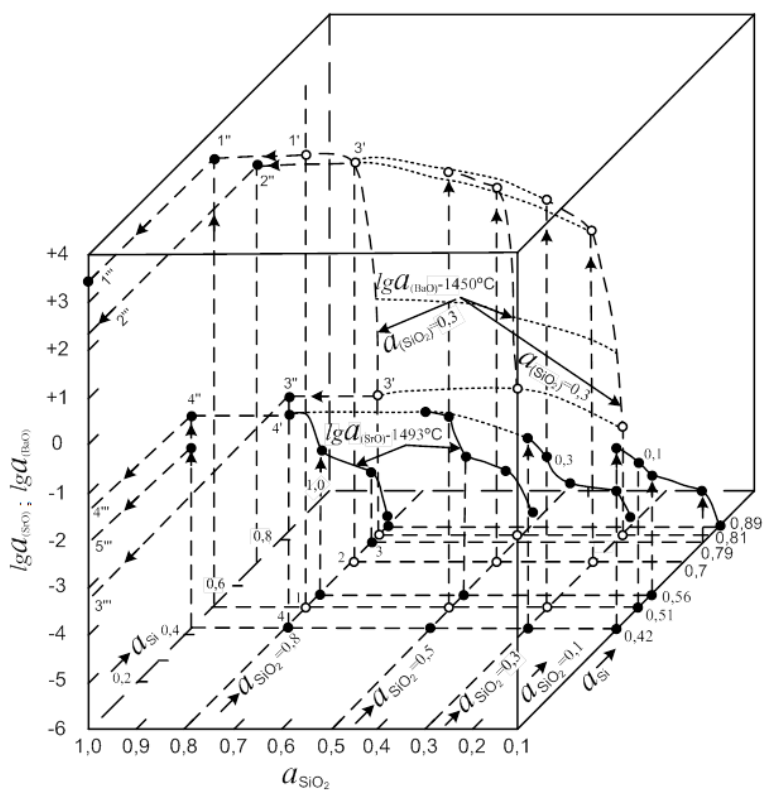


Рисунок 4. Изменение активностей $a_{(BaO)}$ и $a_{(SrO)}$ в шлаковых расплавах в зависимости от активности кремнезема $a_{(SiO_2)}$ и кремния $a_{[Si]}$ в равновесных шлаковых и металлических расплавах

Из приведенных на рис. 4 зависимостей видно, что значения a_{BaO} в шлаковых расплавах в широком диапазоне составов ($a_{\text{SiO}_2} = 0,3 \div 0,8$) имеют положительные отклонения от закона Рауля ($lga_{\text{BaO}} = +3,5$) при активности кремния в металле $a_{[\text{Si}]} = 0,51$ и в шлаке $a_{\text{SiO}_2} = 0,8$ (координаты точек 1 – 1' – 1'' – 1'''), снижаясь до значений $lga_{\text{BaO}} = +2,5$ при повышении активности кремния до значений $a_{\text{Si}} \approx 0,7$ и понижении активности кремнезема в шлаке до значений $a_{\text{SiO}_2} \approx 0,3$. При более высоких значениях активностей кремния в металле ($a_{\text{Si}} > 0,7$) равновесные значения a_{BaO} в шлаке резко снижаются до значений $lga_{\text{BaO}} = -3,3$ (при $a_{\text{SiO}_2} \approx 0,8$ и $a_{\text{Si}} \geq 0,8$) и $lga_{\text{BaO}} = -4$ (при $a_{(\text{SiO}_2)} = 0,3$ и $a_{\text{Si}} = 0,81$).

Зависимости a_{SrO} имеют максимальные значения ($lga_{(\text{SrO})} = -1,3$ при $a_{(\text{SiO}_2)} = 0,8$) – точки 4 – 4' – 4'' – 4''', снижаясь до значений $lga_{\text{SrO}} = -2$ при $a_{[\text{Si}]} = 0,42$ и $a_{(\text{SiO}_2)} = 0,1$. При повышении активности кремния (и, соответственно, концентрации кремния в металлическом расплаве) активности $a_{(\text{SrO})}$ ступенчато снижаются до значений $lga_{(\text{SrO})} \approx -5,5$ при $a_{(\text{SiO}_2)} = 0,8$ и $a_{[\text{Si}]} = 0,89$.

Такой ход кривых зависимостей активностей $a_{\text{BaO}} = f(a_{[\text{Si}]}, a_{(\text{SiO}_2)})$ и $a_{\text{SrO}} = f(a_{[\text{Si}]}, a_{(\text{SiO}_2)})$ позволяет считать, что наиболее эффективное восстановление оксидов ЦЗМ из шлаковых расплавов осуществляется при значениях $a_{[\text{Si}]} > 0,8$ как из кислых шлаков ($a_{(\text{SiO}_2)} \approx 0,5 \div 0,8$), так и из шлаков с высокой основностью ($a_{\text{SiO}_2} = 0,1 \div 0,5$), при этом достигаются минимальные значения активностей a_{SrO} и a_{BaO} и, соответственно, концентраций оксидов бария и стронция.

Восстановление оксида стронция может осуществляться более эффективно, чем оксида бария. Вероятно, отмеченные соотношения могут существенно изменяться при более высоких температурах.

Выводы

Определены зависимости $a_{(\text{SiO}_2)} = f(x_{\text{SiO}_2})$ в шлаковых расплавах систем SrO – SiO₂, BaO – SiO₂, CaO – SiO₂ при температурах 1600 и 1700 °С.

В точках инвариантных состояний (эвтектик и монотектик) рассчитаны активности компонентов шлаковых расплавов. В гомогенных шлаковых расплавах определены активности $a_{(\text{SrO})} = f(x_{(\text{SiO}_2)}, x_{[\text{Si}]})$ при 1493 °С и $a_{(\text{BaO})} = f(x_{(\text{SiO}_2)}, x_{[\text{Si}]})$ при 1450 °С.

Минимальные значения активностей оксидов $a_{(\text{SrO})}$ и $a_{(\text{BaO})}$ могут достигаться при высоких значениях активностей кремния в металлическом расплаве ($a_{[\text{Si}]} \geq 0,7$; $\lg a_{(\text{SrO})} \approx -5$; $\lg a_{(\text{BaO})} \approx -4$). В этих условиях восстановление (довосстановление) стронция и бария осуществляется, в основном, кремнием, при этом неизбежно повышается концентрация диоксида кремния в шлаке. При низких содержаниях кремния в металле ($a_{[\text{Si}]} \approx 0,5 \div 0,6$) восстановление оксидов стронция и бария осуществляется, в основном, углеродом, а кремний выполняет роль растворителя ЩЗМ.

Список использованных источников

1. Термодинамика восстановления щелочноземельных металлов и оксидов и условия кристаллизации сплавов в системе Fe – Si – Me (ЩЗМ) / Н. Ф. Якушевич, Е. В. Протопопов, М. В. Темлянцев [и др.]. – Проблемы черной металлургии и материаловедения. – 2020. – № 2. – С. 5-15.
2. Эллиот, Д. Термохимия сталеплавильных процессов / Д. Эллиот, М. Глейзер, В. Рамакришна. – Пер. с англ. С.Н. Расиной; под ред. Ю. Л. Плинера, Н. С. Смирнова. – Москва : Металлургия, 1969. – 252 с.
3. Якушевич, Н. Ф. Взаимодействие углерода с оксидами кальция, кремния, алюминия / Н. Ф. Якушевич, Г.В. Галевский. – Новокузнецк : ИЦ СибГИУ, 1999. – 250 с.
4. Атлас шлаков. Справочник. Москва : Металлургия, 1985. – 208 с.

5. Рябчиков, И. В. Модификаторы и технологии внепечной обработки железоуглеродистых сплавов / И. В. Рябчиков. – Москва : Экомет, 2008. – 400 с.
6. Кожевников, Г. Н. Электротермия лигатур щелочноземельных металлов с кремнием / Г. Н. Кожевников, В. П. Зайко, М. А. Рысс. – Москва : Наука, 1978. – 224 с.
7. Зубов, В. Л. Электрометаллургия ферросилиция / В. Л. Зубов, М. И. Гасик. – Днепропетровск : Системные технологии, 2002. – 704 с.
8. Numerical analysis of the particle-induced effect on gas flow in a supersonic powder-laden oxygen jet / M. Li, L. Li, B. Zhang [et.al.]. – Metallurgical and Materials Transactions B : Process Metallurgy and Materials Processing Science. – 2020. – Vol. 51. – No. 4. – P. 1718–1730. <http://doi.org/10.1007/s11663-020-01855-3>.
9. Simulation of gas-liquid two-phase flow in metallurgical process / B. Wang, S. Shen, Y. Ruan [et. al.]. – Acta Metallurgica Sinica. – 2020. – Vol. 56. – No. 4. – P. 619-632. <http://doi.org/10.11900/0412.1961.2019.00385>
10. Model for the final decarburisation of the steel bath through a self-bubbling effect / S. Barella, C. Mapelli, D. Mombelli [et. al.]. – Ironmaking and Steelmaking. 2019. – Vol. 46. – No. 8. – P. 721–724. <http://doi.org/10.1080/03019233.2017.1405179>.
11. Changing nickel and chromium stainless steel markets – a review / H. H. Pariser, N. R. Backeberg, O. C. M. Masson, J. C. M. Bedder. – Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy. – 2018. – Vol. 118. – No. 6. – P. 563–568.
12. Zhuchkov, V. I. Utilization of substandard and offgrade raw materials for chromium and manganese ferroalloys production / V. I. Zhuchkov, O. V. Zayakin, A. V. Zhdanov. – Proceedings of the Twelfth International Ferroalloy Congress. V. I. Helsinki, Finland : Outotec Oyj, 2010. – P. 311-315.

13. Irons, G. A. Treatment of Steel with Alkaline-earth Elements / G. A. Irons, X. -P. Tong // ISIJ International. – 1995. – Vol. 35. – No. 7. – P. 838–844. <https://doi.org/10.2355/isijinternational.35.838>

14. Methods for Improving the Efficiency of Steel Modifying / I. V. Bakin, G. G. Mikhailov, V. A. Golubtsov [et. al.]. – Material Science Forum. – 2019. – Vol. 946. – P. 215-222.

<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.946.215>

15. Анализ фазово-химических равновесий в системе расплав (Fe – Si – C) – шлак (CaO – Al₂O₃ – SiO₂) – газ (O₂ – SiO – CO) / Н. Ф. Якушевич, О. А. Полях, Г. В. Галевский, А. А. Тяжина. – Известия вузов. Черная металлургия. 2015. – Т. 58. – № 5. – С. 316-321. <https://doi.org/10.15825/0368-0797-2015-5-316-321>

16. Якушевич, Н. Ф. Термодинамика первичных шлаков в системе CaO – Al₂O₃ – SiO₂ / Н. Ф. Якушевич, Д. В. Кондратьев. // Известия вузов. Черная металлургия. – 2000. – № 2. – С. 4-9.

17. Энтальпии смешения жидких кремния и бария при 1723 К / Ю. О. Есин, В. Н. Сандаков, П. В. Гельд [и др.]. – Журнал прикладной химии. – 1973. – Т. 46. – № 11. – С. 2402-2405.

18. Энтальпия образования сплавов стронция с кремнием / Ю. О. Есин, С. П. Колесников, В. М. Баев [и др.]. – Журнал физической химии. – 1979. – Т. 53. – № 6. – С. 1624-1625.

19. Turkdogan, E. T. Physicochemical properties of slags and glasses // The Metal soc. – 1983. – Vol. 10. – No. 4. – P. 113-117.

20. Григорьев, Ю. В. Термодинамический анализ совместного восстановления кремния и бария углеродом / Ю. В. Григорьев, И. В. Рябчиков, В. Е. Рощин. – Известия вузов. Черная металлургия. – 2005. – № 7. – С. 3–5.

21. Schei, A. Production of high silicon alloys. / A. Schei, J. K. Tuset, H. Tveit. – Trondheim, Norway : Tapir Academic Press, 1998. – 363 p.

22. Wang, J. Slag figures. / J. Wang, Yu Mao. – Beijing : Metallurgical Industry Press, 1989. – P. 44-60.
23. Margaria, T. Silicon refining: Experimental studies and industrial means to control silicon quantity in silicon for chemical industry / T. Margaria. – Norway : Norw University of Science and Technology, 1993. – P. 21–32.
24. Breitzmann, M. Refining of steel melts using alkaline earth metals / M. Breitzmann, H.-J. Engell, D. Janke. – Steel Research. – 1988. – Vol. 59. – No. 7. – P. 289–294. <https://doi.org/10.1002/srin.198801505>
25. A thermodynamic model to desing the equilibrium slag compositions during electroslag remelting process: Description and verification / S. Li, G. Cheng, L. Yang [et. al.]. – ISIJ International. – 2017. – Vol. 57. – No. 4. – P. 713-722. <https://doi.org/10.2355/isijinternational.ISIJINT-2016-655>
26. Effect of slag composition on the oxidation kinetics of alloying elements during electroslag remelting of stainless steel: Part-1. Mass-transfer model / D. Hou, Z. H. Jiang, Y. W. Dong [et. al.]. – ISIJ International. 2017. – Vol. 57. – No. 8. – P. 1400-1409. <https://doi.org/10.2355/isijinternational.ISIJINT-2017-147>
27. Ozturk, B. Activity of silica in calcium-aluminate based slags / B. Ozturk, R. J. Fruehan/ – Metall Trans. B. – 1987. – Vol. 18B. – P. 746-751.
28. Weiss T., Schwerdfeger K. Chemical equilibria between silicon and slag melts // Metallurgical and Materials Transacitons B. 1994. Vol. 25. No. 4. P. 497–504. <https://doi.org/10.1007/BF02650071>
29. Zhang Xiao-Bing, Jiang Guo Chang, Xu Kuang Di. Prediction of component activities of quaternary systems using the sub-regular solution model // Acta Metallurgic Sinica. 1992. Vol. 5b. No. 6. P. 476 – 482.

УДК 669.1

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АЛЮМИНИЯ НА КОРРОЗИОННУЮ
СТОЙКОСТЬ ЧУГУНОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ В СРЕДЕ АНОДНЫХ
ГАЗОВ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ ЭКОСОДЕРБЕРГ**

Е.А. Пинаев *, М.В. Темлянцев, Е.В. Протопопов, Д.Г. Большаков, Е.Н.
Темлянцева, А.С. Симачев**

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

*АО «РУСАЛ Красноярск»**

*АО «РУСАЛ Новокузнецк»***

Внедрение на российских алюминийпроизводящих предприятиях технологии ЭкоСодерберг привело к усилению коррозионного воздействия анодных газов на чугунные секции газосборного колокола (ГСК) алюминиевых электролизеров [1 – 3]. Применяемый в настоящее время материал для их изготовления – высокопрочный чугун марки ВЧ50 с шаровидным графитом не обеспечивает необходимого уровня стойкости к высокотемпературной газовой коррозии. Помимо снижения срока службы секции имеет место загрязнение расплава первичного алюминия железом, вносимым в электролизную ванну с продуктами коррозии чугунных секций. В таких условиях поиск новых материалов – коррозионностойких чугунов, способных противостоять высокотемпературной газовой коррозии является актуальной научно-практической задачей. В данной работе проведено исследование коррозионной стойкости алюминиевых чугунов, химический состав которых представлен в таблице 1.

Из чугунов отливали образцы, которые крепили к внутренней поверхности чугунной секции и устанавливали в конструкцию газосборного колокола. Таким образом, образцы находились во внутреннем пространстве электролизера и подвергались агрессивному воздействию температуры и газовой среды, аналогично секции ГСК.

Таблица 1 – Химический состав экспериментальных алюминиевых чугунов

№ образца	Содержание элемента, масс.%											
	C	Mn	Si	Al	Cr	Ni	P	S	V	Mo	Co	Cu
1	2,06	0,30	0,57	10,64	0,07	0,06	0,06	0,07	0,02	0,004	0,16	0,23
2	1,67	0,28	0,74	11,85	0,07	0,07	0,06	0,04	0,02	0,004	0,18	0,17
3	1,64	0,28	0,69	13,77	0,07	0,06	0,06	0,04	0,01	0,004	0,17	0,18
4	5,99	0,89	1,02	3,60	0,08	0,11	0,08	0,02	0,01	0,008	0,18	0,19
5	3,08	0,53	0,24	6,15	0,02	0,06	0,15	0,22	0,03	0,005	–	0,04
6	2,78	0,59	0,70	2,06	0,02	0,06	0,09	0,011	0,04	0,006	–	0,05

Периодически секцию и образцы демонтировали (рисунок 1) и определяли потерю массы образцов вследствие коррозии. Эксперименты проводили в промышленных условиях на электролизерах ЭкоСодерберг АО «РУСАЛ Красноярск» и АО «РУСАЛ Новокузнецк». Продолжительность экспериментов образцов №№ 1 – 4 составляла 192 сут., №№ 5, 6 – 384 сут.

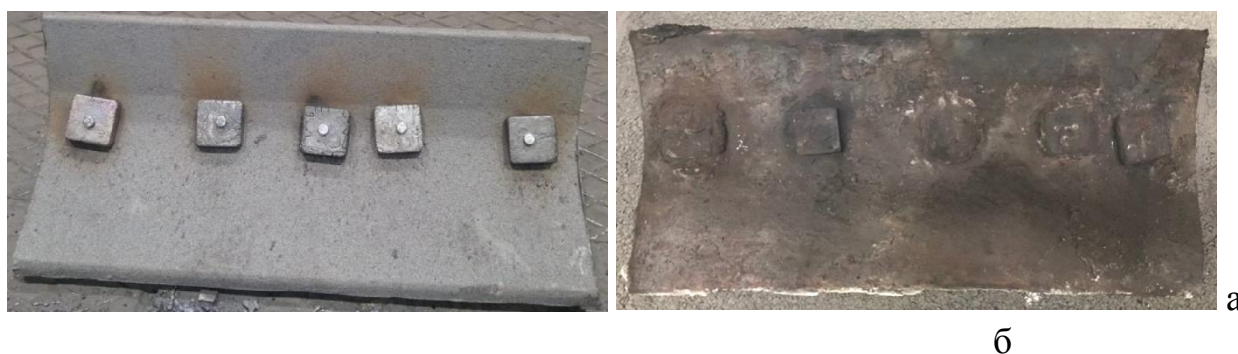


Рисунок 1. Общий вид образцов на секции до (а) и после (б) эксплуатации

Микроструктура исследуемых образцов № 1, 2 и 3 состоит из зерен феррита (α -фаза), легированных алюминием, и железоалюминиевых карбидов переменного состава типа Fe_yAlC_x , где $y=1,3 - 1,6$ (рисунок 2). Графит в структуре образцов отсутствует. Весь углерод в сплаве находится в твердом растворе и связан в железоалюминиевые карбиды. Для микроструктуры образца № 4 с содержанием углерода 5,99 % и алюминия 3,6 % характерно наличие грубых выделений графита. Образец №5 имеет ферритную основу, графит имеет пластинчатое строение. В структуре образца №6 присутствует зернистый и пластинчатый перлит, графит хлопьевидный; основа преимущественно феррито-перлитная.

Результаты исследования удельных U потерь массы, g образцов с единицы поверхности, $см^2$ в единицу времени, $ч$ представлены на рисунках 3 и 4. Анализ полученных результатов показывает, что алюминиевые чугуны по сравнению с серым (СЧ18) и высокопрочным чугуном с шаровидным графитом (ВЧ, ВЧ50), имеют гораздо меньшие в 2 – 20 раз удельные потери массы вследствие высокотемпературной газовой коррозии. Полученные данные согласуются с результатами исследований [4, 5] коррозионной стойкости алюминиевых чугунов.

При проведении исследований алюминиевых чугунов определена их твердость. После изготовления твердость образцов № 1, 2, 3 составляла соответственно 478, 464 и 417 НВ. Увеличение содержания алюминия в данном случае приводит к снижению твердости чугуна. Железоалюминиевые карбиды имеют высокую твердость (700 НВ) и, располагаясь по границам кристаллов феррита, приводят к высокой твердости и хрупкости, механическая обработка таких чугунов возможна только при использовании специального инструмента.

Проведены измерения твердости алюминиевых чугунов после эксплуатации. Для чугуна образцов № 1, 2, 3, 4, 5 и 6 твердость составила соответственно 375 – 401, 375 – 409, 341 – 363, 131 – 140, 148 – 153 и 116 – 118 НВ. Как видно из полученных данных, высокотемпературная эксплуатация приводит к ощутимому снижению твердости алюминиевых чугунов.

Сравнительный анализ химического состава и микроструктуры исследуемых алюминиевых чугунов показывает, что для чугунов с содержанием $Al = 10,64 - 13,77\%$ и $C = 1,64 - 2,06\%$ без выделений графита характерны минимальные потери массы вследствие высокотемпературной коррозии в среде анодных газов электролизеров ЭкоСодерберг. Алюминиевые чугуны, содержащие $Al = 2,06 - 6,15\%$ и $C = 2,78 - 3,08\%$, имеющие в структуре выделения графита (№5 – структура чугуна имеет ферритную основу, графит имеет пластинчатое строение; №6 – структуру чугуна с хлопьевидным и вермикулярным графитом на феррито-перлитной основе, перлит преимущественно зернистый), имеют максимальные потери массы из

исследуемых составов. Чугун с содержанием Al = 3,06 % и C = 5,99 % имеет потери массы близкие к чугунам составов №№ 1 – 3, в его структуре присутствуют грубые выделения графита.

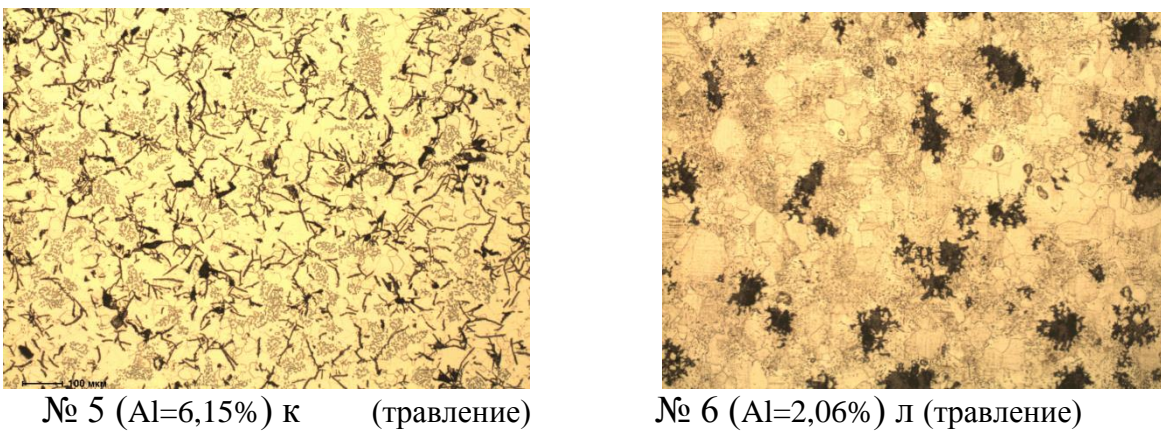
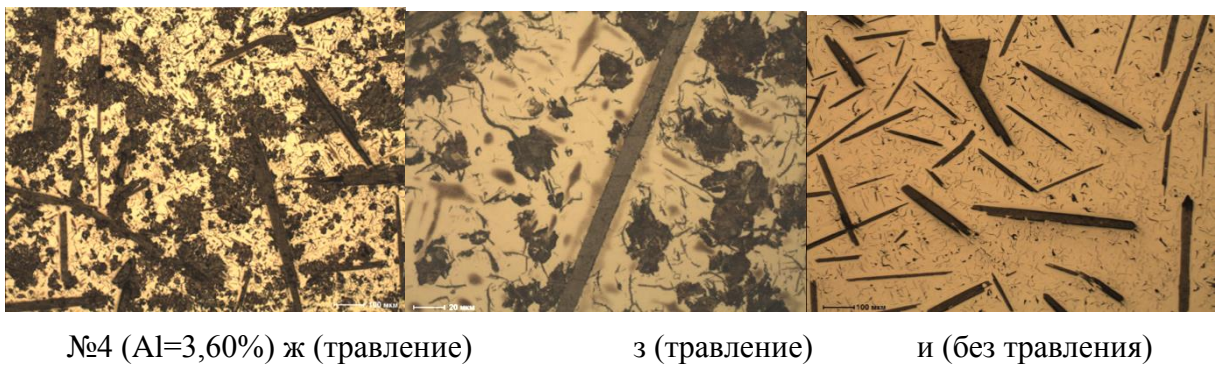
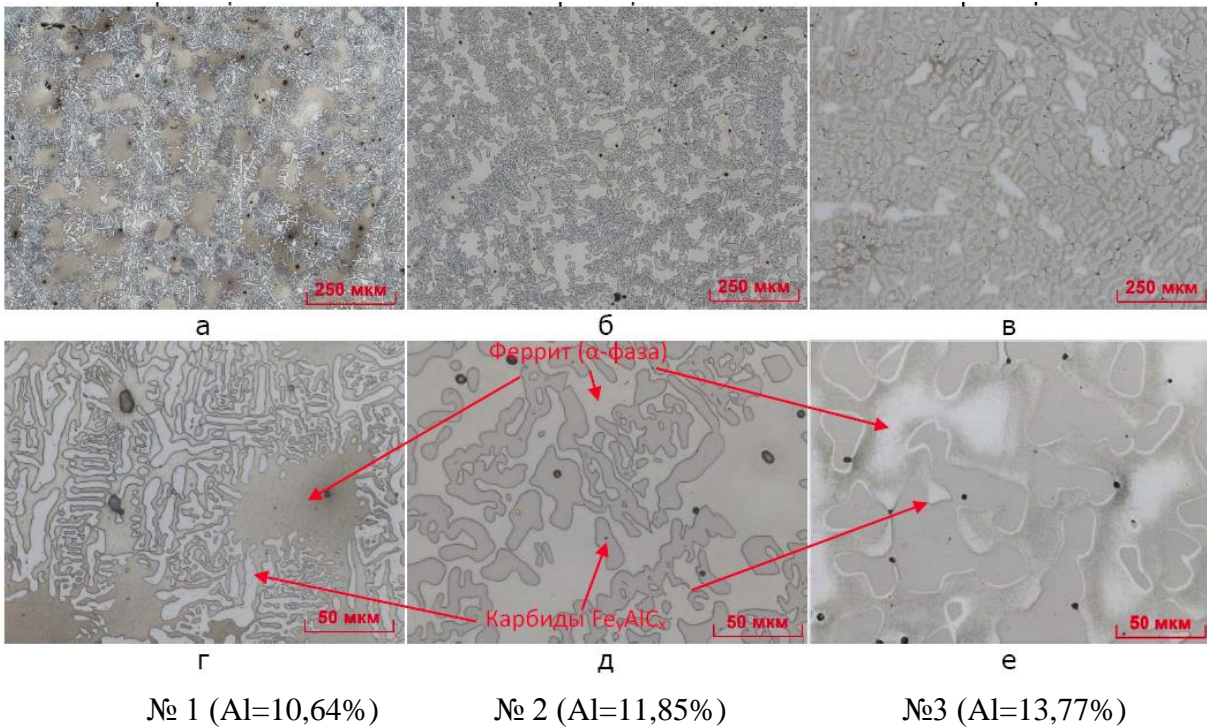


Рисунок 2. Микроструктуры экспериментальных алюминиевых чугунов

а, б, в, ж, и, к – ×100, г, д, е, з – ×500, л – ×200

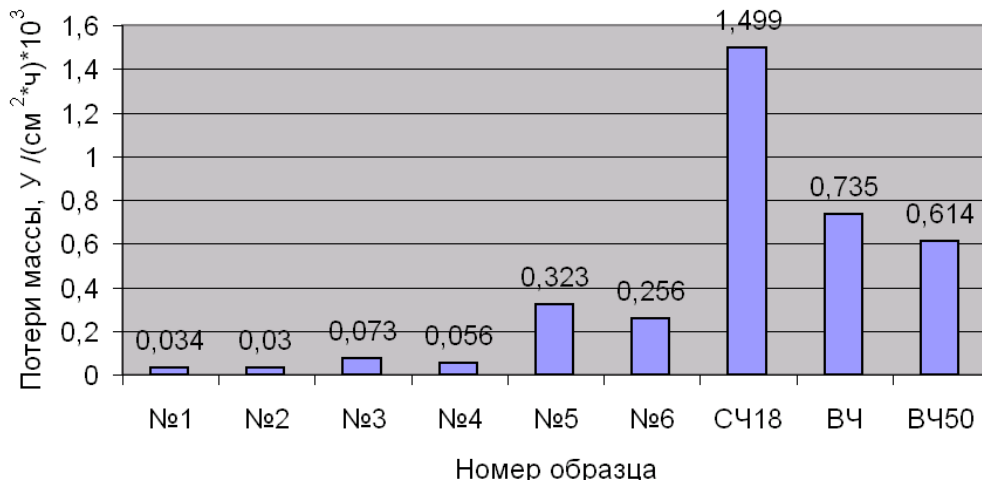


Рисунок 3. Удельные потери массы образцов из алюминиевых чугунов и различных чугуновых секций ГСК (СЧ18 и ВЧ по данным [4])

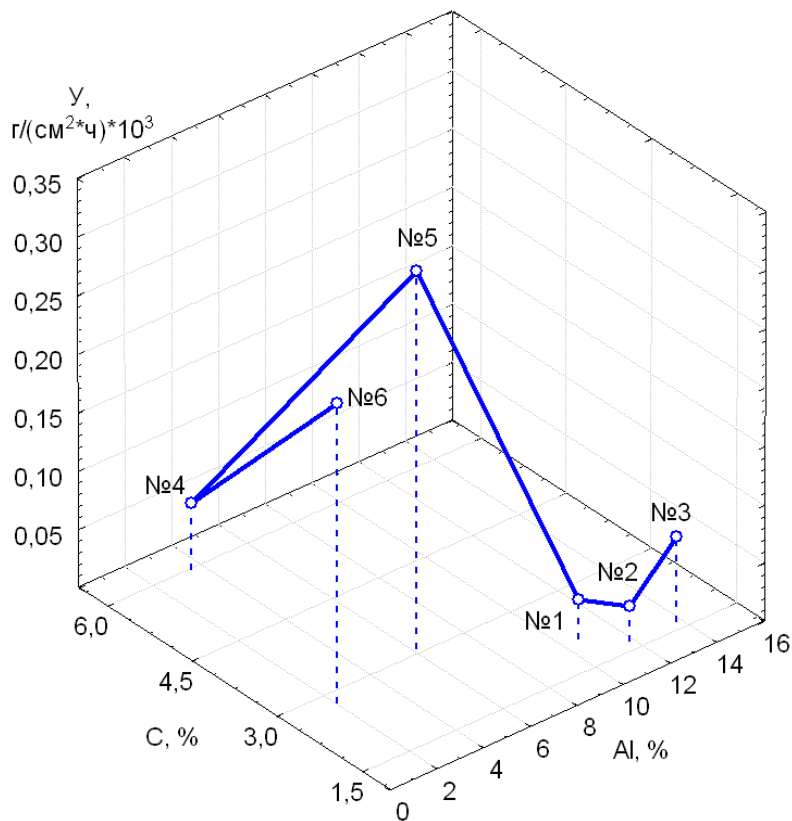


Рисунок 4. Зависимость потери массы образцов от содержания углерода и алюминия в чугуне

Вывод

В результате проведенных исследований установлено, что алюминиевые чугуны с содержанием 2,06 – 13,77 % Al по сравнению с серым (СЧ18) и высокопрочными чугунами с шаровидным графитом (ВЧ, ВЧ50), имеют

гораздо меньшие в 2 – 20 раз удельные потери массы вследствие высокотемпературной газовой коррозии. Наиболее рациональным с точки зрения минимизации коррозии можно считать содержание Al на уровне 7,5 – 9,0 %, при этом необходимо учитывать роль других элементов, в частности, углерода и структуры чугуна. Однако алюминиевые чугуны с таким содержанием алюминия имеют достаточно высокую твердость и нетехнологичны.

Список использованных источников

1. Юрьев А.Б., Темлянцев М.В., Деев В.Б., Феоктистов А.В., Пинаев Е.А. Коррозия чугунных секций газосборного колокола электролизеров ЭкоСодерберг // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2020. Т. 63. № 11-12. С. 883-890.

2. Пинаев Е.А., Темлянцев М.В., Темлянцева Е.Н., Кувшинникова Н.И. Исследование химического и фазового состава продуктов коррозии чугунных секций газосборного колокола алюминиевых электролизеров ЭкоСодерберг // Вестник горно-металлургической секции Российской академии естественных наук. Отделение металлургии. 2020. № 43. С. 144-151.

3. Пинаев Е.А., Темлянцев М.В., Темлянцева Е.Н., Кувшинникова Н.И. Повышение стойкости чугунных секций газосборных колоколов алюминиевых электролизеров ЭкоСодерберг на основе применения защитных покрытий // Вестник Российской академии естественных наук. Западно-Сибирское отделение. 2020. № 23. С. 87-94.

4. Малышев Г.П., Волчок И.П. Повышение эксплуатационной стойкости газосборных колоколов электролизных ванн с верхним токоподводом / Сб. науч.тр. «Металлургия». – Изд-во ЗГИА. 2005. Вып.12 С. 129 – 133.

5. Шиманский И.А. Повышение коррозионной стойкости литых чугунных изделий в условиях высокотемпературной газовой коррозии. Автореф. канд. дис. – Красноярск. 2012. – 22 с.

БИОМЕДИЦИНА

УДК 616

**ЧТО ИЗМЕНИЛОСЬ В КЛИНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ СЕПСИСА:
КОММЕНТАРИИ К НОВЫМ МЕЖДУНАРОДНЫМ РЕКОМЕНДАЦИЯМ
SSC 2021 ПО ЛЕЧЕНИЮ СЕПСИСА И СЕПТИЧЕСКОГО ШОКА****В. В. Агаджанян^{1,2}, И. М. Устьянцева^{1,3}, А.Х. Агаларян¹**

¹ ГБУЗ Кузбасский клинический центр охраны здоровья шахтеров имени святой великомученицы Варвары», г. Ленинск-Кузнецкий

² ННИИТО им. Я. Л. Цивьяна Минздрава России, г. Новосибирск

³ ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный медицинский университет»
Минздрава России, г. Кемерово

Сепсис — это опасная для жизни дисфункция органов, вызванная нарушением регуляции реакции организма на инфекцию [1]. Сепсис и септический шок являются серьезными проблемами здравоохранения, от которых ежегодно страдают миллионы людей во всем мире и умирает один из шести пациентов с этой патологией [2]. Раннее выявление и своевременное лечение в первые часы после развития сепсиса улучшают исходы.

Общество интенсивной терапии и реаниматологии (SCCM) и Европейское общество интенсивной терапии (ESICM) обновили рекомендации по лечению сепсиса и септического шока у взрослых «Кампания «Выживание при сепсисе»: Международные рекомендации по лечению сепсиса и септического шока 2021» /Surviving Sepsis Campaign: International Guidelines for Management of Sepsis and Septic Shock 2021 (SSC 2021) [3], которые были опубликованы в конце 2021 года. Рекомендации, содержащиеся в этом документе, являются руководством для врача по лечению взрослых пациентов с сепсисом или септическим шоком в условиях больницы.

Целью данной статьи явилось представление новых аспектов клинико-лабораторной диагностики в международных рекомендациях SSC 2021 по

лечению взрослых пациентов с сепсисом или септическим шоком в условиях больницы.

Сравнительная характеристика международных диагностических критериев сепсиса и органной дисфункции с 1992 по 2021 г. представлена в таблице.

Впервые формулировка и концепция системной воспалительной реакции (СВР) была предложена Bone R. C. с соавт. в 1991 г. [4] и

одобрена на Согласительной конференции Американского колледжа пульмонологов и Общества специалистов критической медицины (АССР/SCCM) в г. Чикаго [5]. Закономерности развития генерализованного внутрисосудистого воспаления – *Systemic Inflammatory Response Syndrome* (SIRS) / *Синдром Системного Воспалительного Ответа* (ССВО) являются главной составляющей генеза сепсиса и синдрома полиорганной дисфункции (СПОД) [6, 7]. SIRS диагностировали при наличии более чем одного критерия: температура тела $< 36,0$ °C или $> 38,0$ °C; частота дыхания > 20 в минуту или $\text{PaCO}_2 < 32$ мм рт. ст.; частота сердечных сокращений > 90 ударов в минуту; количество лейкоцитов $< 4\,000$ /мл или $> 12\,000$ /мл или более 10 % незрелых форм [4, 8].

В 2001 году на конференции SCCM/ESICM/АССР/АТS/SIS International Sepsis Definitions Conference расширен лист диагностических критериев и в качестве показателя тканевой гипоперфузии предложен повышенный уровень лактата [9]. В 2012 году при очередном пересмотре определений сепсиса Surviving Sepsis Campaign (SSC12) был дополнен перечень признаков, симптомов и лабораторных показателей (С-реактивный белок, прокальцитонин, глюкоза, лактат), свидетельствующих о возможном наличии сепсиса [10]. В феврале 2013 была опубликована усовершенствованная (третья) редакция международных клинических рекомендаций по определению сепсиса (SSC12) [10]

В 2016 году рабочая группа «Sepsis-3» (Сепсис-3), созданная Обществом специалистов критической медицины (The Society of Critical Care Medicine

(SCCM)) и Европейским обществом интенсивной терапии (The European Society of Intensive Care Medicine (ESICM)) переопределила сепсис как «жизнеугрожающую органную дисфункцию, вызванную дисрегулируемым ответом организма на инфекцию» [1]. Из определения сепсиса были исключены понятия SIRS и «тяжелый сепсис». Для скрининга пациентов с высокой вероятностью развития сепсиса было предложено использовать критерии Quick SOFA (*Quick Sequential Organ Failure Assessment, qSOFA (экспресс-SOFA)*) [1]. Рабочая группа SCCM/ ESICM рекомендовала называть определения 2016 г. как «Sepsis-3» (Сепсис-3), а определения 1991 и 2001 гг. признать как «Sepsis-1» (Сепсис-1) и «Sepsis-2» (Сепсис-2) соответственно [1].

Рабочая группа SCCM/ ESICM рекомендовала называть определения 2016 г. как «Sepsis-3» (Сепсис-3), а определения 1991 и 2001 гг. признать как «Sepsis-1» (Сепсис-1) и «Sepsis-2» (Сепсис-2) соответственно [1]

Отличительной особенностью рекомендаций SSC 2021 г. является отражение конкретных характеристик, таких как Recommendation Strength — Strong, Weak (*Сила рекомендации — Убедительная, Слабая*) и Quality of Evidence — Best practice statement, Very low quality of evidence (*Качество доказательств — Лучший практический опыт, Очень низкое качество доказательств и т. д.*), с учетом принципов доказательной медицины и передового практического опыта [3]. Кроме того, отдельно представлены изменения по сравнению с рекомендациями ICDSSS 2016 года [3]. Рассмотрим некоторые разделы рекомендаций SSC 2021, в которых представлены клинические и лабораторные критерии сепсиса у взрослых пациентов [3].

Было (SCCM 2001г, SSC 2012 г) *

Сепсис - 1.2 = Очаг инфекции + ССВР

Стало (ICDSSS 2016г) **

Сепсис 3 = Очаг инфекции + qSOFA/SOFA

Шкала Quick SOFA (Экспресс SOFA)

GCS < 15
ЧД ≥ 22; изменения ментального статуса; АД_{сист} ≤ 100 мм рт. ст.

Предикторы летальности

КРИТЕРИИ И КЛАССИФИКАЦИЯ СЕПСИСА

Локальная инфекция = инфекционный очаг ± синдром СВР

Сепсис = инфекционный очаг + синдром СВР + СПОН

Септический шок = инфекционный очаг + синдром СВР + необходимость использования катехоламинов

NEW (SSC 2021г) ***

1. «Для больниц и систем здравоохранения мы рекомендуем использовать программу повышения эффективности лечения сепсиса у пациентов с высоким риском и стандартные операционные процедуры для лечения».
2. «Мы не рекомендуем использовать qSOFA по сравнению с SIRS, NEWS, MEWS в качестве единого инструмента скрининга сепсиса или септического шока».
3. «Взрослым с подозрением на сепсис мы предлагаем измерять уровень лактата в крови».

Рисунок 1. Клинические и лабораторные критерии сепсиса

Таблица 1 - Диагностические критерии сепсиса и органной дисфункции

Диагностические критерии сепсиса	ACCP/SCCM (Sepsis-1) (1992 г.)	SCCM/ESICM/ACCP/CAP/SIS (Sepsis-2) (2001 г.)* Surviving Sepsis Campaign (SSC12)**	ICDSSS (Sepsis-3) (2016 г.) qSOFA***	Surviving Sepsis Campaign (SSC18)****	SSC21*****
Основные параметры					
Инфекция	+	+		3-х и 6-ти-часовая связки были соединены в одну связку 1-го часа. Необходимо: - определить уровень лактата и повторное определение уровня лактата в течение 2-4 часов, если изначальный лактат > 2 ммоль/л. - забор как минимум 2-х посевов крови (аэробный и анаэробный) до введения антибиотиков.	- SIRS, NEWS или MEWS, а не qSOFA - STRONG рекомендация
Температура	< и/или >38,0°C	< и/или >38,3°C			
Частота сердечных сокращений (уд/мин)	>90	>90 или >2 sd вышевозрастной нормы			
Частота дыхания, (вдохов/мин)	>20	>30	>22		
Систолическое артериальное давление (мм. рт. ст.)			≤ 100		
			нарушение сознания		
Показатели воспаления					
Количество лейкоцитов (WBC)	> 12 000/мкл и/или < 4000/мкл, и/или >10% незрелых	> 12 000/мкл и/или < 4000/мкл, и/или >10% незрелых			
С-реактивный белок	н/у	>2 SD выше нормы			
Прокальцитонин	н/у	>2 SD выше нормы			Не использовать для определения старта а/м терапии WEAK рекомендация
Показатели тканевой перфузии					
Гиперлактатемия	н/у	выше лабораторной нормы (> 1 ммоль/л)			Cutoff 1.6 – 2.5 ммоль/л WEAK рекомендация

Примечание к таблице 1:

SCCM (Society of Critical Care Medicine) - Общество интенсивной терапии,

ESICM (The European Society of Intensive Care Medicine) - Европейское общество интенсивной терапии,

ACCP - The American College of Chest Physicians – Американская Коллегия врачей,

ATS (the American Thoracic Society) - Американское Торакальное Общество,

SIS (the Surgical Infection Society) - Хирургической Инфекции Общество,
н/у - не учитывалось

* Levy M.M., Fink M.P., Marshall J.C., Abraham E. [et al.], 2001 SCCM/ESICM/ACCP/ATS/SIS International Sepsis Definitions Conference // Crit Care Med. - 2003. - Vol. 31, №4. – P.1250–1256.

**Dellinger RP, Levy MM, Rhodes A, et al. Surviving Sepsis Campaign: International Guidelines for Management of Severe Sepsis and Septic Shock: 2012.// Crit Care Med.- 2013.-Vol.41.- P.580-637.

*** Singer M., Deutschman C.S., Seymour C.W. et al. The Third International Consensus Definitions for Sepsis and Septic Shock (Sepsis-3) // JAMA. 2016. Vol. 315. №. 8. P. 801-810.

**** Surviving Sepsis Campaign // Intensive Care Medicine, 2018.

*****Evans L, Rhodes A, Alhazzani W, Antonelli M, Coopersmith CM, French C, et al. Surviving Sepsis Campaign: International Guidelines for Management of Sepsis and Septic Shock 2021. Critical Care Medicine. 2021; 49(11): e1063-e1143. doi: 10.1097/CCM.0000000000005337

Скрининг и раннее лечение**Рекомендация SSC 2021**

1. «Для больниц и систем здравоохранения рекомендуется использовать программу повышения эффективности лечения сепсиса, включающую скрининг на сепсис для остро больных пациентов с высоким риском и стандартные операционные процедуры для лечения».

Убедительная рекомендация, умеренное качество доказательств для скрининга.

Убедительная рекомендация, доказательства очень низкого качества для стандартных операционных процедур.

Скрининг пациентов с сепсисом и септическим шоком

Обоснование

Программы повышения эффективности лечения сепсиса обычно состоят из скрининга на сепсис, обучения, оценки эффективности результатов лечения сепсиса [11, 12]. Несмотря на некоторую противоречивость, мета-анализ 50 отобранных исследований по влиянию программ повышения эффективности диагностики и лечения показал, что они были связаны с лучшей приверженностью к лечению сепсиса, а также снижением смертности (ОР 0,66; 95% ДИ 0,61–0,72) у пациентов с сепсисом и септическим шоком [13].

Инструменты скрининга на сепсис предназначены для его раннего выявления и состоят из ручных методов или автоматизированного использования электронной медицинской карты. Существуют большие различия в диагностической чувствительности и специфичности конкретных показателей, причем большинство имеют низкую прогностическую ценность, хотя использование некоторых из них было связано с улучшением процессов оказания медицинской помощи [14-17]. Для скрининга сепсиса используются множество клинических переменных и шкал, таких как критерии синдрома системного воспалительного ответа (SIRS), жизненно важные показатели, наличие признаков инфекции, Шкала Последовательной Оценки Органной Недостаточности (SOFA), *qSOFA* (*экспресс-SOFA*), Национальная Шкала Оценки Раннего Предупреждения (NEWS) или Модифицированная Шкала Оценки Раннего Предупреждения (MEWS) [12, 18].

Различные методики балльной оценки с помощью шкал могут быть использованы у пациентов стационарных отделений, отделений неотложной помощи или интенсивной терапии [14–16, 18]. Несмотря на большие различия в чувствительности и специфичности шкал для скрининга сепсиса, они являются важным компонентом раннего выявления сепсиса для своевременного и эффективного лечения [19–21].

Стандартные операционные процедуры — это набор методов, которые определяют предпочтительный ответ на конкретные клинические проявления

[22]. Стандартные операционные процедуры при сепсисе, первоначально определенные как ранняя целенаправленная терапия, превратились в «обычную помощь», которая включает стандартный подход при лечении сепсиса – раннюю идентификацию, определение лактата, микробиологические посевы, применение антибиотиков и инфузионной терапии [23]. В больницах с более высоким соответствием требованиям протоколов лечения сепсиса регистрируется убедительное снижение смертности [24].

Рекомендация SSC 2021

2. «Не рекомендуется использовать qSOFA по сравнению с SIRS, NEWS или MEWS в качестве единственного инструмента скрининга на сепсис или септический шок».

Убедительная рекомендация, доказательства среднего качества.

Обоснование

qSOFA использует три переменные для прогнозирования смерти и длительности пребывания в отделении интенсивной терапии у пациентов с известным или предполагаемым сепсисом: оценка комы по Глазго < 15 баллов, частота дыхания ≥ 22 вдохов/мин и систолическое артериальное давление ≤ 100 мм рт. ст. Когда любые две из этих переменных присутствуют одновременно, пациент считается qSOFA положительным. При анализе данных, использованных для поддержки рекомендаций Третьего Международного консенсуса, Конференция по определению сепсиса определила qSOFA как предиктор неблагоприятного исхода у пациентов с известной или подозреваемой инфекцией, но не проведен анализ оценки этого показателя в качестве инструмента скрининга [25]. С тех пор в многочисленных исследованиях изучалось потенциальное использование qSOFA в качестве инструмента скрининга сепсиса [26–28]. Результаты оказались противоречивыми. Исследования показали, что шкала qSOFA более специфична, но менее чувствительна, чем наличие двух из четырех критериев SIRS для раннего выявления вызванной инфекцией органной дисфункции [26–29]. Ни SIRS, ни qSOFA не являются идеальными инструментами скрининга

сепсиса, и лечащий врач должен понимать ограничения каждого из них. В первоначальном исследовании авторы обнаружили, что только 24 % инфицированных пациентов имели оценку по шкале qSOFA, равную 2 или 3, и на долю этих пациентов приходилось 70 % плохих исходов [25]. Аналогичные результаты были также получены при сравнении с Национальной Оценкой Раннего Предупреждения (NEWS) и Модифицированной Оценкой Раннего Предупреждения (MEWS) [30]. Хотя наличие положительного qSOFA должно предупредить врача о возможности сепсиса во всех медицинских учреждениях; учитывая низкую чувствительность qSOFA, SSC 2021 вынесли убедительную рекомендацию против его использования в качестве единственного инструмента скрининга.

Рекомендация SSC 2021

3. «Взрослым с подозрением на сепсис предлагается измерить уровень лактата в крови».

Слабая рекомендация, низкий уровень доказательности.

Обоснование

Связь уровня лактата со смертностью у пациентов с подозрением на инфекцию и сепсис хорошо установлена [31, 32]. Его использование в настоящее время рекомендуется как часть пакета SSC Hour-1 для лечения сепсиса [33, 34], а повышенный уровень лактата является одним из критериев Сепсиса-3 для диагностики септического шока [35]. Было высказано предположение, что лактат может быть использован для скрининга у взрослых пациентов с клинически подозреваемым, но не подтвержденным сепсисом [36–38].

Пороговые значения лактата, определяющие повышенный уровень, варьировались от 1,6 до 2,5 ммоль/л, хотя диагностические характеристики были одинаковыми независимо от порогового значения. Чувствительность колеблется в пределах 66–83 %, а специфичность — в пределах 80–85 %. Объединенные положительные и отрицательные коэффициенты правдоподобия из трех исследований составляют 4,75 и 0,29 соответственно. Исследования

показали связь между использованием измерений уровня лактата при оказании медицинской помощи и снижением смертности [39].

В ранее представленном нами исследовании на примере когорты 475 пострадавших с политравмой показано, что первоначальные значения уровня лактата в крови, измеренные в течение 3 часов после травмы, обеспечивают дополнительную прогностическую информацию к традиционным клиническим предикторам летальности у пациентов с зарегистрированным сепсисом [40, 41, 42]. Так, при концентрации лактата в крови $< 2,5$ ммоль/л летальность составила 5,4 % (95% ДИ, 4,5–6,2%), при значениях лактатемии в пределах 2,5–3,9 ммоль/л — 6,4 % (95% ДИ 5,1–7,8 %), а при уровнях ≥ 4 ммоль/л – 18,8 % (95% ДИ, 15,7–19,9 %) [42]. Кроме того, нами обнаружена сложная взаимосвязь между систолическим артериальным давлением, лактатом и летальностью у пациентов с гипотензией (САД < 90 мм рт. ст.). Показано, что по мере прогрессирования тяжести гипотензии увеличение уровня лактатемии ассоциируется с повышенным риском смерти у пациентов с сепсисом [42]. Уровень лактата в цельной крови у пациентов с сепсисом является независимым прогностическим фактором летальности [42].

Таким образом, наличие повышенного или нормального уровня лактата значительно увеличивает или уменьшает, соответственно, вероятность окончательного диагноза сепсиса у пациентов с подозрением на сепсис (табл.). Однако сам по себе лактат не является ни чувствительным, ни специфичным, чтобы самостоятельно исключить или опровергнуть диагноз. Тестирование на лактат может быть недоступно во многих условиях с ограниченными ресурсами [43–50]. Поэтому SSC 2021 отметил слабую силу рекомендации по использованию определения лактата в сыворотке крови в качестве дополнительного теста для предварительной оценки вероятности сепсиса у пациентов с подозрением, но не подтвержденным сепсисом.

Диагностика инфекции

Рекомендация SSC 2021

4. «У взрослых с подозрением на сепсис или септический шок с

неподтвержденной инфекцией рекомендуется постоянно пересматривать, искать альтернативные диагнозы и прекратить эмпирическую противомикробную терапию, если доказана или высока вероятность альтернативной причины заболевания».

Лучший практический опыт.

Обоснование

В целом, учитывая высокий риск смерти при септическом шоке и сильную связь между временем приема противомикробных препаратов и смертностью, комиссия вынесла убедительную рекомендацию о немедленном, в течение одного часа, назначении противомикробных препаратов всем пациентам с потенциальным септическим шоком. Кроме того, пациентам с подтвержденным / очень вероятным сепсисом рекомендуется немедленно вводить противомикробные препараты.

Для пациентов с возможным сепсисом без шока мы рекомендуем провести быструю оценку инфекционной и неинфекционной этиологии заболевания, чтобы определить в течение 3 часов, следует ли назначать антибиотики или отложить их прием, продолжая внимательно наблюдать за пациентом. Литературные данные, полученные в условиях ограниченных ресурсов, свидетельствуют о том, что своевременное назначение противомикробных препаратов пациентам с сепсисом и септическим шоком является важным и практически доступным [51–56]. Однако выбор из широкого спектра противомикробных препаратов в таких условиях может варьировать [43, 44]. При этом сильно различаются сроки выполнения лабораторных исследований, экспресс-диагностика, диагностика инфекционной и неинфекционной этиологии заболевания, применение различных методов визуализации и т. д. в зависимости от регионов и материально-технических условий [46, 48, 50]. Недавние рекомендации, касающиеся применения противомикробных препаратов у пациентов с сепсисом и септическим шоком в условиях ограниченных ресурсов, соответствуют текущим рекомендациям [53].

Ранее нами были опубликованы исследования, в которых для

расширения объема диагностического поиска выраженности СВР, сепсиса обоснована возможность использования определения в крови липополисахаридсвязывающего протеина (ЛПС-СП) [40]. При критических состояниях высокая диагностическая эффективность данного теста (ЛПС-СП — 335 мкг/мл, ROC-curve: 0,867 (95% ДИ: 0,792–0,943)) в первые трое суток позволяет подтвердить факт инфицирования грамотрицательной микрофлорой в отличие от стандартной микробиологической диагностики (первые положительные результаты лишь на 5–7-е сутки у 58 % явно инфицированных пациентов) [40].

В недавно опубликованных исследованиях мы показали возможность использования инновационных гематологических параметров воспаления — активированных нейтрофилов (NEUT-GI — интенсивность зернистости нейтрофилов; NEUT-RI — интенсивность реактивности нейтрофилов) и лимфоцитов (RE-LYMP — реактивные лимфоциты; AS-LYMP — лимфоциты, синтезирующие антитела) — у пациентов в критическом состоянии для диагностики сепсиса [57].

Была выявлена значительная связь NEUT-RI ($p = 0,03$) и NEUT-GI ($p = 0,02$) с инфекцией, подтвержденной микробиологически в более поздние сроки. Увеличение значений NEUT-RI на 10 FI было связано с увеличением вероятности развития инфекции (относительный риск 1,9; доверительный интервал 95 %; 1,1–3,6). При этом абсолютное увеличение значения NEUT-GI на 10 SI было связано с менее значительным увеличением вероятности развития инфекции (относительный риск 2,7; доверительный интервал 95 %; 1,1–6,6) [58].

В другом исследовании мы обнаружили значительное увеличение уровня лимфоцитов, синтезирующих антитела AS-LYMP, в 6 раз ($p < 0,001$) у пациентов с новой коронавирусной инфекцией COVID-19, осложненной внебольничной пневмонией, вызванной штаммом вируса SARS-CoV-2, что является признаком клеточно-опосредованной или гуморальной иммунной реакции на патогены [59]. По-видимому, мониторинг статуса активации

нейтрофилов (NEUT-RI и NEUT-GI), незрелых гранулоцитов (IG) и лимфоцитов (AS-LYMP, RE-LYMP) может быть использован в дифференциальной диагностике вирусной и бактериальной инфекции.

Для подтверждения этого предположения мы использовали опубликованные ранее ретроспективные данные гематологических параметров воспаления от двух разных когорт инфицированных пациентов: 1) пациентов с сепсисом, подтвержденным микробиологически [58], и 2) пациентов с новой коронавирусной инфекцией COVID-19, осложненной внебольничной пневмонией, вызванной штаммом вируса SARS-CoV-2 [59]. Эти две когорты различались типом возбудителя. Обоснованием использования данных активации клеточных популяций лейкоцитов от двух разных когорт служит факт значительного увеличения статуса активации нейтрофилов (NEUT-RI и NEUT-GI) у пациентов с сепсисом [58], а также выраженного увеличения активации лимфоцитов (AS-LYMP, RE-LYMP) у пациентов с COVID-19 [59]. Мониторинг статуса активации нейтрофилов (NEUT-RI и NEUT-GI), незрелых гранулоцитов (IG) и лимфоцитов (AS-LYMP, RE-LYMP) может быть использован в дифференциальной диагностике вирусной и бактериальной инфекции. Для бактериальной инфекции характерно увеличение функциональной активности нейтрофилов (NEUT-RI и NEUT-GI), тогда как наличие вирусной инфекции может сопровождаться увеличением функциональной активности лимфоцитов (AS-LYMP, RE-LYMP) [60].

Биомаркеры для оценки начала приема антибиотиков

Рекомендация SSC 2021

5. «У взрослых с подозрением на сепсис или септический шок не рекомендуется использовать уровень прокальцитонина в сочетании с клинической оценкой для принятия решения о начале приема противомикробных препаратов, по сравнению с только клинической оценкой.

Слабая рекомендация, очень низкое качество доказательств.

Обоснование

Известно, что прокальцитонин (ПКТ) быстро повышается в ответ на

провоспалительные стимулы, особенно бактериальные инфекции [61]. В связи с этим теоретически предположили, что уровень ПКТ в сочетании с клиническим обследованием может быть использован в диагностике серьезных бактериальных инфекции и определении отправной точки для раннего назначения противомикробных препаратов. В мета-анализе 30 исследований (3 244 пациента) ПКТ имел объединенную чувствительность 77 % и специфичность 79 % у тяжелобольных пациентов с сепсисом [62].

Мета-анализ трех исследований ($n = 1\ 769$ пациентов отделения интенсивной терапии), в которых сравнивались протоколы назначения антибиотиков с использованием уровня ПКТ по сравнению с обычным лечением, не выявил различий в краткосрочной смертности (RR 0,99; 95% CI 0,86–1,15), продолжительности пребывания в отделении интенсивной терапии (MD, 0,19 дней; 95% CI, от -0,98 до 1,36) или продолжительность госпитализации (MD, 7,00 дней; 95% CI от -26,24 до 12,24) [63–65]. Опубликованные рекомендации по лечению внебольничной пневмонии рекомендуют начинать прием противомикробных препаратов пациентам с внебольничной пневмонией независимо от уровня ПКТ [66].

При отсутствии очевидной пользы, неизвестных затратах и ограниченной доступности в некоторых условиях SSC 2021 отметила слабую силу (не убедительную) рекомендации по использованию уровня ПКТ для определения начала противомикробной терапии в дополнение к клинической оценке.

Диагностическая чувствительность и специфичность маркеров воспаления для диагностики сепсиса составила: С-реактивного белка (СРБ) (> 26 мг/дл) – 80 % (ROC-curve: 0,81; $p < 0,001$). Для прокальцитонина (ПКТ) ($> 0,35$ нг/мл) диагностическая чувствительность — 90 %, тогда как специфичность — 43 % (ROC-curve: 0,707; $p = 0,006$). Кроме того, значительное снижение концентрации аполипопротеина В (АроВ) в крови (менее чем 50 % от нижней границы контрольных значений) связано с максимальным риском развития сепсиса. Высокая диагностическая чувствительность (100 %) порогового уровня АроВ ($< 43,7$ мг/дл) позволяет использовать его для оценки

генерализации инфекционного процесса и развития сепсиса [67]. Возможно использование расчетного показателя — индекса ApoA1/ApoB , предложенного нами ранее для оценки тяжести состояния пострадавших в острый период политравмы и оценки эффективности лечебных мероприятий [68].

Сочетание определения ЛПС-СП, аполипопротеинов А1 и В, индекса ApoA1/ApoB , СРБ, ПКТ в сыворотке крови позволит усилить их прогностическую ценность для оценки выраженности системной воспалительной реакции, тяжести состояния, развития осложнений [68].

Заключение

В представленной статье мы сосредоточили внимание на некоторых аспектах клинической и лабораторной диагностики международных рекомендаций SSC 2021 по лечению взрослых пациентов с сепсисом или септическим шоком в условиях больницы. Как мы видим, ранняя диагностика сепсиса очень важна, но характер рекомендаций по их практическому использованию весьма неоднозначен.

Рекомендации не могут заменить знания, опыт и способность лечащего врача принимать решения, как с использованием клинической оценки течения заболевания, так и уникальных клинико-диагностических параметров с учетом передовой врачебной практики.

Важными показателями в ранней диагностике сепсиса являются:

- определение уровня лактата в крови в качестве независимого прогностического фактора летальности;
- определение липополисахаридсвязывающего протеина (ЛПС-СП) для подтверждения инфицирования грамотрицательной флорой;
- мониторинг расширенных показателей воспаления — активация нейтрофилов (NEUT-RI и NEUT-GI), незрелых гранулоцитов (IG) и лимфоцитов (AS-LYMP, RE-LYMP) в дифференциальной диагностике вирусной и бактериальной инфекции;
- биологические маркеры воспаления С-реактивного белка (СРБ), прокальцитонина (ПКТ), аполипопротеина А1, В (ApoA1 , ApoB), индекса

АроА1/ АроВ для оценки генерализации процесса и эффективности лечения.

Проведение предложенных лабораторных исследований доступно для большинства лабораторий Российской Федерации. По-видимому, целесообразно было бы подготовить методические рекомендации по ранней диагностике сепсиса для здравоохранения РФ с учетом лучших отечественных практик.

Список использованных источников

1. Singer M, Deutschman CS, Seymour CW, Shankar-Hari M, Annane D, Bauer M, et al. The third international consensus definitions for sepsis and septic shock (Sepsis-3). *JAMA*. 2016;315(8):801-810. doi: 10.1001/jama.2016.0287.
2. Fleischmann C, Scherag A, Adhikari NK, Hartog CS, Tsaganos T, Schlattmann P, et al. Assessment of global incidence and mortality of hospital-treated sepsis. Current estimates and limitations. *Am J Respir Crit Care Med*. 2016;193(3):259-272. doi: 10.1164/rccm.201504-0781OC.
3. Evans L, Rhodes A, Alhazzani W, Antonelli M, Coopersmith CM, French C, et al. Surviving sepsis campaign: international guidelines for management of sepsis and septic shock 2021. *Critical Care Medicine*. 2021; 49(11): e1063-e1143. doi: 10.1097/CCM.0000000000005337.
4. Bone RC, Balk RA, Cerra FB, Dellinger RP, Fein AM, Knaus WA, et al. Definitions for sepsis and organ failure and guidelines for the use of innovative therapies in sepsis. The ACCP/SCCM Consensus Conference Committee. American College of Chest Physicians/Society of Critical Care Medicine. *Chest*. 1992;101(6):1644-1655. doi: 10.1378/chest.101.6.1644.
5. Society of critical Care medicine consensus conference: definitions for sepsis and organ failure and guidelines for the use of innovative therapies in sepsis. *Crit Care Med*. 1992;20(6):864-874.
6. Marshall JC, Cook DJ, Christou NV, Bernard GR, Sprung CL, Sibbald WJ. Multiple organ dysfunction score: a reliable descriptor of a complex clinical outcome. *Crit Care Med*. 1995; 23(10):1638-1652. doi: 10.1097/00003246-

199510000-00007.

7. Vincent JL, Ferreira F, Moreno R. Scoring systems for assessing organ dysfunction and survival. *Crit Care Clin.* 2000; 16(2):353-366. doi: 10.1016/s0749-0704(05)70114-7.

8. Bagnenko SF, Baybarina EN, Beloborodov VB, Belotserkovskiy BZ, Belykh AN, Buslaeva GN et al. Sepsis: classification, clinical and diagnostic concept and treatment: the manual. Edited by Gelfand R. Russian Academy of Specialists in Surgical Infections. 4th edition revised and updated. Moscow. Medical Information Agency (MIA). 2017. 406 p. Russian (Багненко С. Ф., Байбарина Е. Н., Белобородов В. Б., Белоцерковский Б. З., Белых А. Н., Буслаева Г. Н. и др. Сепсис: классификация, клинико-диагностическая концепция и лечение: практическое руководство /под ред. кад. РАН Б.Р. Гельфанда; Российская ассоциация специалистов по хирургическим инфекциям (РАСХИ). 4-е изд., доп. и перераб. Москва: Мед. информ. агентство (МИА), 2017. 406 с.)

9. Schorr C, Odden A, Evans L, Escobar GJ, Gandhi S, Townsend S, et al. Implementation of a multicenter performance improvement program for early detection and treatment of severe sepsis in general medical-surgical wards. *J Hosp Med.* 2016;11 (Suppl 1):S32-S39. doi: 10.1002/jhm.2656.

10. Damiani E, Donati A, Serafini G, Rinaldi L, Adrario E, Pelaia P, et al. Effect of performance improvement programs on compliance with sepsis bundles and mortality: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *PLoS One.* 2015;10(5):e0125827. doi: 10.1371/journal.pone.0125827.

11. Alberto L, Marshall AP, Walker R, Aitken LM. Screening for sepsis in general hospitalized patients: a systematic review. *J Hosp Infect.* 2017;96(4):305-315. doi: 10.1016/j.jhin.2017.05.005.

12. Bhattacharjee P, Edelson DP, Churpek MM. Identifying patients with sepsis on the hospital wards. *Chest.* 2017; 151:898–907.

13. Makam AN, Nguyen OK, Auerbach AD. Diagnostic accuracy and effectiveness of automated electronic sepsis alert systems: a systematic review. *J Hosp Med.* 2015; 10:396–402.

14. Warttig S, Alderson P, Evans DJ, Lewis SR, Kourbeti IS, Smith AF. Automated monitoring compared to standard care for the early detection of sepsis in critically ill patients. *Cochrane Database Syst Rev*. 2018;6(6):CD012404. doi: 10.1002/14651858.CD012404.pub2.
15. Islam MM, Nasrin T, Walther BA, Wu CC, Yang HC, Li YC. Prediction of sepsis patients using machine learning approach: a meta-analysis. *Comput Methods Programs Biomed*. 2019;170:1-9. doi: 10.1016/j.cmpb.2018.12.027. Epub 2018 Dec 26.
16. Downing NL, Rolnick J, Poole SF, Hall E, Wessels AJ, Heidenreich P, et al. Electronic health record-based clinical decision support alert for severe sepsis: a randomised evaluation. *BMJ Qual Saf*. 2019;28(9):762-768. doi: 10.1136/bmjqs-2018-008765.
17. Hooper MH, Weavind L, Wheeler AP, Martin JB, Gowda SS, Semler MW, et al. Randomized trial of automated, electronic monitoring to facilitate early detection of sepsis in the intensive care unit*. *Crit Care Med*. 2012;40(7):2096-2101. doi: 10.1097/CCM.0b013e318250a887.
18. Shimabukuro DW, Barton CW, Feldman MD, Mataraso SJ, Das R. Effect of a machine learning-based severe sepsis prediction algorithm on patient survival and hospital length of stay: a randomised clinical trial. *BMJ Open Respir Res*. 2017;4(1):e000234. doi: 10.1136/bmjresp-2017-000234.
19. Rao TS, Radhakrishnan R, Andrade C. Standard operating procedures for clinical practice. *Indian J Psychiatry*. 2011; 53:1–3.
20. Osborn TM. Severe sepsis and septic shock trials (ProCESS, ARISE, ProMISe): what is optimal resuscitation? *Crit Care Clin*. 2017; 33:323–344.
21. Kahn JM, Davis BS, Yabes JG, Chang CH, Chong DH, Hershey TB, et al. Association between state-mandated protocolized sepsis care and in-hospital mortality among adults with sepsis. *JAMA*. 2019;322(3):240-250. doi: 10.1001/jama.2019.9021.
22. Seymour CW, Liu VX, Iwashyna TJ, Brunkhorst FM, Rea TD, Scherag A, et al. Assessment of clinical criteria for sepsis: the Third International Consensus

Definitions for Sepsis and Septic Shock (Sepsis-3). *JAMA*. 2016;315(8):762-774. doi: 10.1001/jama.2016.0288.

23. Fernando SM, Tran A, Taljaard M, Cheng W, Rochweg B, Seely AJE, et al. Prognostic accuracy of the quick sequential organ failure assessment for mortality in patients with suspected infection: a systematic review and meta-analysis. *Ann Intern Med*. 2018;168(4):266-275. doi: 10.7326/M17-2820.

24. Herwanto V, Shetty A, Nalos M, Chakraborty M, McLean A, Eslick GD, et al. Accuracy of quick sequential organ failure assessment score to predict sepsis mortality in 121 studies including 1,716,017 individuals: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care Explor*. 2019; 1(9):e0043.

25. Serafim R, Gomes JA, Salluh J, Póvoa P. A comparison of the quick-SOFA and systemic inflammatory response syndrome criteria for the diagnosis of sepsis and prediction of mortality: a systematic review and meta-analysis. *Chest*. 2018; 153(3):646–655. doi: 10.1016/j.chest.2017.12.015.

26. Cinel I, Kasapoglu US, Gul F, Dellinger RP. The initial resuscitation of septic shock. *J Crit Care*. 2020;57:108-117. doi: 10.1016/j.jcrc.2020.02.004.

27. Liu VX, Lu Y, Carey KA, Gilbert ER, Afshar M, Akel M, et al. Comparison of early warning scoring systems for hospitalized patients with and without infection at risk for in-hospital mortality and transfer to the intensive care unit. *JAMA. Netw Open*. 2020; 3(5):e205191. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2020.5191.

28. Borthwick HA, Brunt LK, Mitchem KL, Chaloner C. Does lactate measurement performed on admission predict clinical outcome on the intensive care unit? A concise systematic review. *Ann Clin Biochem*. 2012;49(Pt 4):391-394. doi: 10.1258/acb.2011.011227.

29. Liu G, An Y, Yi X, et al. Early lactate levels for prediction of mortality in patients with sepsis or septic shock: a meta-analysis. *Int J Exp Med* 2017; 10:37–47.

30. Levy MM, Evans LE, Rhodes A. The surviving sepsis campaign bundle: 2018 update. *Crit Care Med* 2018; 46:997–1000.

31. Levy MM, Evans LE, Rhodes A. The surviving sepsis campaign bundle: 2018 update. *Intensive Care Med.* 2018; 44: 925–928.
32. Shankar-Hari M, Phillips GS, Levy ML, Seymour CW, Liu VX, Deutschman CS, et al. Sepsis definitions task force: developing a new definition and assessing new clinical criteria for septic shock: for the third international consensus definitions for sepsis and septic shock (Sepsis-3). *JAMA* 2016; 315:775–787.
33. Contenti J, Corraze H, Lemoël F, Levraut J. Effectiveness of arterial, venous, and capillary blood lactate as a sepsis triage tool in ED patients. *Am J Emerg Med.* 2015;33(2):167-172. doi: 10.1016/j.ajem.2014.11.003.
34. Karon BS, Tolan NV, Wockenfus AM, Block DR, Baumann NA, Bryant SC, et al. Evaluation of lactate, white blood cell count, neutrophil count, procalcitonin and immature granulocyte count as biomarkers for sepsis in emergency department patients. *Clin Biochem.* 2017;50(16-17):956-958. doi: 10.1016/j.clinbiochem.2017.05.014.
35. Ljungström L, Pernestig AK, Jacobsson G, Andersson R, Usener B, Tilevik D. Diagnostic accuracy of procalcitonin, neutrophil-lymphocyte count ratio, C-reactive protein, and lactate in patients with suspected bacterial sepsis. *PLoS One.* 2017;12(7):e0181704. doi: 10.1371/journal.pone.0181704.
36. Morris E, McCartney D, Lasserson D, Van den Bruel A, Fisher R, Hayward G. Point-of-care lactate testing for sepsis at presentation to health care: a systematic review of patient outcomes. *Br J Gen Pract.* 2017;67(665):e859-e870. doi: 10.3399/bjgp17X693665.
37. Ustyantseva IM, Khokhlova OI, Petukhova OV, Zhevlakova YA. Dynamics of the lipopolysaccharide-binding protein and blood lactate of the patients with polytrauma. *The general critical care medicine.* 2014; 10(5): 18-26. Russian (Устьянцева И. М., Хохлова О. И., Петухова О. В., Жевлакова Ю. А. Динамика липополисахаридсвязывающего протеина и лактата в крови пациентов с политравмой // *Общая реаниматология.* 2014. Т.10 ,№ 5. С. 18-26).
38. Ustyantseva IM, Khokhlova OI, Petukhova OV, Zhevlakova YuA,

Agalaryan Akh. The prognostic value of the inflammation markers, lipopolysaccharide-binding protein and blood lactate in the sepsis development in patients with polytrauma. *Polytrauma*. 2014; (3): 15-23. Russian (Устьянцева И. М., Хохлова О. И., Петухова О. В., Жевлакова Ю. А. Агаларян А. Х. Прогностическая значимость маркеров воспаления, липополисахаридсвязывающего протеина и лактата в развитии сепсиса у пациентов с политравмой // *Политравма*. 2014. № 3. С. 15-23.)

39. Ustyantseva IM, Khokhlova OI, Agadzhanian VV. Blood lactate level as a predictor of mortality in patients with polytrauma. *Polytrauma*. 2016; (4): 53-58. Russian (Устьянцева И. М., Хохлова О. И., Агаджанян В. В. Уровень лактата в крови как прогностический фактор летальности у пациентов с политравмой // *Политравма*. 2016. № 4. С. 53-58)

40. Abdu M, Wilson A, Mhango C, Taki F, Coomarasamy A, Lissauer D. Resource availability for the management of maternal sepsis in Malawi, other low-income countries, and lower-middle-income countries. *Int J Gynaecol Obstet*. 2018;140(2):175-183. doi: 10.1002/ijgo.12350.

41. Baelani I, Jochberger S, Laimer T, Otieno D, Kabutu J, Wilson I, et al. Availability of critical care resources to treat patients with severe sepsis or septic shock in Africa: a self-reported, continent-wide survey of anaesthesia providers. *Crit Care*. 2011;15(1):R10. doi: 10.1186/cc9410.

42. Baelani I, Jochberger S, Laimer T, Rex C, Baker T, Wilson IH, et al. Identifying resource needs for sepsis care and guideline implementation in the Democratic Republic of the Congo: a cluster survey of 66 hospitals in four eastern provinces. *Middle East J Anaesthesiol*. 2012;21(4):559-575.

43. Bataar O, Lundeg G, Tsenddorj G, Jochberger S, Grandner W, Baelani I, et al. Nationwide survey on resource availability for implementing current sepsis guidelines in Mongolia. *Bull World Health Organ*. 2010;88(11):839-846. doi: 10.2471/BLT.10.077073.

44. Hernández G, Ospina-Tascón GA, Damiani LP, Estenssoro E, Dubin A, Hurtado J, et al. Effect of a resuscitation strategy targeting peripheral perfusion status

vs serum lactate levels on 28-day mortality among patients with septic shock: The ANDROMEDA-SHOCK randomized clinical trial. *JAMA*. 2019; 321(7):654–664. doi: 10.1001/jama.2019.0071

45. Machado FR, Cavalcanti AB, Bozza FA, Ferreira EM, Angotti Carrara FS, Sousa JL, The epidemiology of sepsis in Brazilian intensive care units (the Sepsis PREvalence Assessment Database, SPREAD): an observational study. *Lancet Infect Dis*. 2017;17(11):1180-1189. doi: 10.1016/S1473-3099(17)30322-5.

46. Shrestha GS, Kwizera A, Lundeg G, Baelani JI, Azevedo LCP, Pattnaik R, et al. International Surviving Sepsis Campaign guidelines 2016: the perspective from low income and middle-income countries. *Lancet Infect Dis*. 2017; 17(9):893–895. doi: 10.1016/S1473-3099(17)30453-X.

47. Taniguchi LU, Azevedo LCP, Bozza FA, Cavalcanti AB, Ferreira EM, Carrara FSA, et al. Availability of resources to treat sepsis in Brazil: a random sample of Brazilian institutions. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2019;31(2):193-201. doi: 10.5935/0103-507X.20190033.

48. Chalya PL, Mabula JB, Koy M, Kataraihya JB, Jaka H, Mshana SE, et al. Typhoid intestinal perforations at a University teaching hospital in Northwestern Tanzania: A surgical experience of 104 cases in a resource-limited setting. *World J Emerg Surg*. 2012;7:4. doi: 10.1186/1749-7922-7-4.

49. Phua J, Koh Y, Du B, Tang YQ, Divatia JV, Tan CC, et al. Management of severe sepsis in patients admitted to Asian intensive care units: prospective cohort study. *BMJ*. 2011;342:d3245. doi: 10.1136/bmj.d3245.

50. Thwaites CL, Lundeg G, Dondorp AM. Recommendations for infection management in patients with sepsis and septic shock in resource-limited settings. *Intensive Care Med*. 2016; 42:2040–2042.

51. Urayeneza O, Mujoyarugamba P, Rukemba Z, Nyiringabo V, Ntihinyurwa P, Baelani JI, et al. Sepsis in Resource-Limited Nations Workgroup of the Surviving Sepsis Campaign: Increasing evidence-based interventions in patients with acute infections in a resource-limited setting: a before-and-after feasibility trial in Gitwe, Rwanda. *Crit Care Med*. 2018; 46(8):1357–1366. doi:

10.1097/CCM.0000000000003227.

52. Urayeneza O, Mujoyarugamba P, Rukemba Z, Nyiringabo V, Ntihinurwa P, Baelani JI, et al. Sepsis in Resource-Limited Nations Workgroup of the Surviving Sepsis Campaign. Increasing evidence-based interventions in patients with acute infections in a resource-limited setting: a before-and-after feasibility trial in Gitwe, Rwanda. *Intensive Care Med.* 2018 Sep;44(9):1436-1446. doi: 10.1007/s00134-018-5266-x.

53. Yokota PK, Marra AR, Martino MD, Victor ES, Durão MS, Edmond MB, et al. Impact of appropriate antimicrobial therapy for patients with severe sepsis and septic shock - a quality improvement study. *PLoS One.* 2014;9(11):e104475. doi: 10.1371/journal.pone.0104475.

54. Ustyantseva IM, Khokhlova OI, Goloshumov NP, Agadzhanian VV. Innovative laboratory techniques in sepsis diagnosis. *Polytrauma.* 2018; (1): 52-59. Russian (Устьянцева И. М., Хохлова О. И., Голошумов Н. П., Агаджанян В. В. Инновационные лабораторные технологии в диагностике сепсиса // Политравма. 2018. № 1. С.52- 59.)

55. Ustyantseva IM, Kulagina EA, Aliev AR, Agadzhanian VV. A relationship of extended inflammation parameters of hematological analysis (NEUT-RI, NEUT-GI, RE-LYMP, AS-LYMP) with risk of infection in polytrauma. *Polytrauma.* 2019. (3): 6-15. Russian (Устьянцева И. М., Кулагина Е. А., Алиев А. Р., Агаджанян В. В. Взаимосвязь расширенных параметров воспаления гематологического анализа (NEUT-RI, NEUT-GI, RE-LYMP, AS-LYMP) с риском развития инфекции при политравме // Политравма. 2019. № 3. С. 6-15.).

56. Ustyantseva IM, Zinchenko MA, Guselnikov YuA, Kulagina EA, Aliev AR, Agadzhanian VV. SARS-COV-2. Inflammation markers. *Polytrauma.* 2020; (4): 35-43. Russian (Устьянцева И. М., Зинченко М. А., Гусельникова Ю. А., Кулагина Е. А., Алиев А. Р., Агаджанян В. В. SARS-COV-2. Маркеры воспаления // Политравма. 2020. № 4. С. 35-43.).

57. Ustyantseva IM, Zinchenko MA, Kulagina EA, Aliev AR, Agadzhanian

VV. Clinical and laboratory features of the systemic inflammation syndrome, taking into account the etiology of the infectious process (viral and bacterial). *Polytrauma*. 2021; (3): 17-27. Russian (Устьянцева И.М., Зинченко М.А., Кулагина Е.А., Алиев А.Р., Агаджанян В.В. Клинико-лабораторные особенности синдрома системного воспаления с учетом этиологии инфекционного процесса (вирусной и бактериальной // Политравма. 2021. № 3. С. 17-27.)

58. Peng F, Chang W, Xie JF, Sun Q, Qiu HB, Yang Y. Ineffectiveness of procalcitonin-guided antibiotic therapy in severely critically ill patients: a meta-analysis. *Int J Infect Dis*. 2019;85:158-166. doi: 10.1016/j.ijid.2019.05.034.

59. Wacker C, Prkno A, Brunkhorst FM, Schlattmann P. Procalcitonin as a diagnostic marker for sepsis: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Infect Dis*. 2013;13(5):426-435. doi: 10.1016/S1473-3099(12)70323-7.

60. Jensen JU, Hein L, Lundgren B, Bestle MH, Mohr TT, Andersen MH, et al. Procalcitonin-guided interventions against infections to increase early appropriate antibiotics and improve survival in the intensive care unit: a randomized trial. *Crit Care Med*. 2011;39(9):2048-2058. doi: 10.1097/CCM.0b013e31821e8791.

61. Layios N, Lambermont B, Canivet JL, Morimont P, Preiser JC, Garweg C, et al. Procalcitonin usefulness for the initiation of antibiotic treatment in intensive care unit patients. *Crit Care Med*. 2012;40(8):2304-2309. doi: 10.1097/CCM.0b013e318251517a.

62. Najafi A, Khodadadian A, Sanatkar M, Shariat Moharari R, Etezadi F, Ahmadi A, et al. The comparison of procalcitonin guidance administer antibiotics with empiric antibiotic therapy in critically ill patients admitted in intensive care unit. *Acta Med Iran*. 2015;53(9):562-567.

63. Metlay JP, Waterer GW, Long AC, Anzueto A, Brozek J, Crothers K, et al. Diagnosis and treatment of adults with community-acquired pneumonia. An official clinical practice guideline of the American Thoracic Society and Infectious Diseases Society of America. *Am J Respir Crit Care Med*. 2019;200(7):e45-e67. doi: 10.1164/rccm.201908-1581ST.

64. Ustyantseva IM, Khokhlova OI, Petukhova OV, Zhevlakova YuA.

Predictive significance of apolipoproteins A1 and B (apoA1 and apoB) in development of sepsis in patients with polytrauma. *Polytrauma*. 2016; (4): 15-22. Russian (Устьянцева И. М., Хохлова О. И., Петухова О. В., Жевлакова Ю. А. Прогностическая значимость аполипротеинов А1 И В (апоА1 И апоВ) в развитии сепсиса у пациентов с политравмой // Политравма. 2016. № 4. С. 15-22.)

65. Agadzhanian VV, Ustyantseva IM, Pronskikh AA, Novokshonov AV, Agalaryan AKh. *Polytrauma. Septic complications*. Novosibirsk : Nauka Publ., 2005. 391 p. Russian (Агаджанян В. В., Устьянцева И. М., Пронских А. А., Новокшонов А. В., Агаларян А. Х. Политравма. Септические осложнения. Новосибирск : Наука, 2005. 391 с.)

Информация о финансировании и конфликте интересов.

Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтных интересов, связанных с публикацией данной статьи.

УДК 614

**ОРГАНИЗАЦИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ ПРИ ПОЛИТРАВМЕ.
ПРОЕКТ КЛИНИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ**

В.В. Агаджанян^{1,2}, А.Х. Агаларян¹

¹ ГБУЗ Кузбасский клинический центр охраны здоровья шахтеров имени святой великомученицы Варвары», г. Ленинск-Кузнецкий

² ННИИТО им. Я. Л. Цивьяна Минздрава России, г. Новосибирск

Цель – оценить и суммировать все имеющиеся в настоящее время данные по организации медицинской помощи при множественной и сочетанной травме для разработки, принятия согласованных Российских национальных Рекомендаций по диагностике и лечению пострадавших с политравмой, а также внедрения в клиническую практику ключевых междисциплинарных подходов к организации оказания медицинской помощи на до- и госпитальных этапах, а

также принципов эффективной ранней диагностики, лечения и профилактики осложнений у больных с политравмой.

Материалы и методы

На основании обзора и анализа опубликованных данных о современных методах диагностики и лечения множественных, сочетанных травм (политравм). Представленный проект клинических рекомендаций подготовлен на опыте более 3 тысяч наблюдений.

Результаты

В основу было положено Руководство по неотложной помощи при травмах Всемирной организации здравоохранения, Международного общества хирургов (ISS) и Международной ассоциации хирургии травмы и хирургической интенсивной терапии (IATSIС) 2010 г., Руководство ATLS (Advanced Trauma Life Support) (1980), разработанное James K. Styner в 1978 году.

Система ATLS основана на последовательном переходе в диагностике и лечении от наиболее опасных, угрожающих жизни травм к менее опасным травмам. основополагающим правилом оказания помощи, согласно протоколам ATLS, является правило «золотого часа» — последовательное оказание помощи по единому протоколу с первой помощи непосредственно на месте происшествия до специализированной хирургической помощи в стационаре. Показана универсальность и высокая эффективность применения алгоритмов ATLS при политравме вне зависимости от вида и совокупности повреждений. Система ATLS не противоречит российским стандартам оказания медицинской помощи при сочетанной травме (приложение к приказу МЗ РФ от 24 декабря 2012 г. № 1394н) и может быть использована в разработке алгоритма действий медицинского персонала при политравме.

В проекте клинических рекомендаций определены основные термины и понятия, используемые для характеристики политравмы такие, как «тяжесть повреждений», «тяжесть состояния» и «тяжесть травмы», подробно изложены комплексная система организации медицинской помощи при политравме с

первой помощи на месте происшествия до специализированной хирургической помощи. Представлены протоколы оказания медицинской помощи на догоспитальном и госпитальном этапах, включающие эффективные методы оценки тяжести состояния, повреждений, диагностики и лечения при политравме. Особое внимание уделено выбору тактики хирургического лечения пострадавших с учетом объема, сроков и очередности оперативных вмешательств по экстренным показаниям с учетом доминирующих повреждений при политравме.

Мы разместили полный текст проекта клинических рекомендаций на сайте: www.mine-med.ru для максимально широкого обсуждения, редактирования и внесения изменений.

Заключение

Проект клинических рекомендаций является не только обобщением принятых в мире подходов к решению проблемы политравмы, но и попыткой адаптации накопленного международного и личного двадцатилетнего опыта к условиям отечественного здравоохранения.

УДК 614

ФАКТОРЫ, ОКАЗЫВАЮЩИЕ ВЛИЯНИЕ НА ЛЕТАЛЬНОСТЬ ПАЦИЕНТОВ С ПОЛИТРАВМОЙ

В.В. Агаджанян^{1,2}, А.Х. Агаларян¹

¹ *ГБУЗ Кузбасский клинический центр охраны здоровья шахтеров имени святой великомученицы Варвары», г. Ленинск-Кузнецкий*

² *ННИИТО им. Я. Л. Цивьяна Минздрава России, г. Новосибирск*

Введение

В настоящее время организация лечения пациентов с политравмами в различных медицинских учреждениях имеет много отличий и остается во многом дискуссионной. Наиболее показательны результаты успешного лечения пациентов с политравмами в медицинских учреждениях при наличии хорошо

организованной единой системы оказания специализированной медицинской помощи. Целью данного исследования явилось выявление особенностей лечения и факторов, оказывающих влияние на летальность у пациентов с политравмой.

Материалы и методы

Проведён ретроспективный анализ 159-ти пациентов с политравмой, проходивших лечение в центре в период с 2019 по 2021 гг. Критерием включения в данное исследование явилось наличие у пациентов с политравмами тяжёлых множественных повреждений (шкала тяжести травмы ISS \geq 16) с диафизарными переломами трубчатых костей нижних конечностей. Оценивали среднюю тяжесть повреждения с помощью ISS шкалы тяжести травмы, продолжительность пребывания в клинике и летальность пациентов с политравмами.

Статистический анализ полученных результатов был выполнен с использованием статистического пакета программ Statistica 6,0. Данные выражены как средние значения \pm SD и n. Оценку значимости различия частот наблюдения изучаемых показателей осуществляли при помощи критерия χ^2 (хи-квадрат). В зависимости от вида распределения переменных для оценки достоверности различий использовали U- критерий Манна-Уитни. Критический уровень значимости (p) при проверке статистических гипотез принимался равным 0,05.

Результаты

Средний возраст пациентов составил $43,9 \pm 1,4$ года (мужчины: $40,9 \pm 1,5$; женщины: $51,3 \pm 3,1$, $p=0,01$). Средняя тяжесть повреждения оценивалась с помощью шкалы тяжести травмы и составила $29,5 \pm 0,8$, а среднее количество переломов трубчатых костей нижних конечностей на 1-го пациента составило $1,2 \pm 0,05$. Догоспитальное время транспортировки пациентов напрямую в центр (64,2 % от общего количества) составило $47,7 \pm 2,8$ мин. 35,8 % пациентов доставлены из других больниц в течение 24 часов после получения травмы без оперативной стабилизации переломов трубчатых костей нижних конечностей.

83,6 % пациентов (n=133) с переломами трубчатых костей нижних конечностей прооперированы (группа оперативного лечения переломов), а оставшиеся 16,4 % (n=26) прошли лечение консервативными методами (группа консервативного лечения). Ранняя (в течение 24 часов после госпитализации) оперативная стабилизация переломов проведена в 58,5 % случаев (n=78), поздняя стабилизация – в 41,5 % (n=55) случаев.

Средняя продолжительность пребывания в госпитале составляла $23,6 \pm 1,6$ дней. Средняя летальность – 20,8 %. Коэффициент летальности составлял 11,3 % в группе оперативного лечения переломов и 69,2 % - в группе консервативного лечения ($\chi^2 = 44,5$; $df=2$; $p < 0,001$).

Летальность пациентов с политравмой соотносилась с возрастом пациента (OR 1,069; 95 % С.И. 1,035-1,104; $p < 0,001$) и шкалой тяжести травмы (OR 1,245; 95 % С.И. 1,151-1,346; $p < 0,001$). Наблюдались расхождения в возрасте и тяжести травмы между выжившими и умершими. Средний возраст выживших составлял $40,5 \pm 1,3$ года в сравнении с $56,8 \pm 3,9$ года для умерших ($p < 0,001$).

Заключение

Возраст пациента, тяжесть травмы и ранняя стабилизация переломов трубчатых костей нижних конечностей являются важными факторами, оказывающими существенное влияние на результаты лечения ($p < 0,001$) и снижение летальности ($p < 0,001$) пациентов с политравмой.

ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКИЕ ЗНАНИЯ И ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

УДК 004.9+902.1+930.1+303.05

**РАЗВИТИЕ АМБИЕНТНОЙ СРЕДЫ ГОРОДА
КАК ОСНОВЫ ЕГО ВОЗРОЖДЕНИЯ****Ю.С. Серенков, Е.А. Благиных, И.В. Шимлина, В.Е. Хомичева***ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»,
г. Новокузнецк***Введение**

Новокузнецк (Южная часть западной Сибири, Кузбасс, Россия) все в большей степени приобретает репутацию неплохого – не самого плохого – города, подходящего для временного проживания, но далеко не лучшего места для оседлой жизни уважающего себя человека. Например, Новокузнецк с его черной и цветной металлургией может быть хорош в качестве карьерного этапа – «трамплина» – для назначаемых министерством руководителей отраслевых предприятий, Новокузнецк ценен для выходцев из постсоветского пространства Средней Азии и Закавказья как один из российских промышленных городов с относительно слаборазвитой торговой инфраструктурой. Новокузнецк вполне добротен и уютен в качестве образовательной «колыбели» – в городе много хороших школ – но в колыбели нельзя оставаться вечно (речь идет о молодежи, достигающей университетского возраста).

Проблемы окружающей среды и экономики имеют большое значение, но это значение, как представляется, не абсолютно. Экологические и экономические проблемы – общее место почти всех крупных городов мира, не только в России. Причем экология проблематична как в промышленных, так и постиндустриальных городах. И вместо того, чтобы проливать слезы по поводу плохой экологии и дефицитной экономики, мы предлагаем сконцентрироваться на аспектах городского бытия, которые могут быть улучшены с помощью групповых усилий – аспектах, которые очевидно могут изменить Новокузнецк с точки зрения его атмосферы, амбиенса.

Общие положения

Перед тем, как анализировать атмосферу города в наши дни, следует сказать, что трудно или невозможно назвать переломную дату, после которой Новокузнецк перестал быть перспективным и привлекательным местом для постоянного проживания образованных и целеустремленных индивидов. Можно лишь заметить, что Новокузнецк времен после перестройки долгие годы оставался искренне любимым большинством горожан (в те времена никому и в голову бы не пришло продвигать социально-рекламные призывы вроде «Я ♥ Новокузнецк» в средствах массовой информации, на рекламных щитах и даже в виде временных и постоянных монументальных сооружений).

Интересен был город и столичным жителям, и иностранцам. Отзвуки этого интереса можно найти в материалах сети Интернет.

Американский журналист, публицист и общественный деятель А. Паркер Берроуз бывал в Новокузнецке не менее 5 раз в период с 1991 по 2004 г. Свои впечатления о городе он отразил в блог-цикле «Роман с Россией» [Burroughs, 2008]. Сравнивая загрязненный воздух Новокузнецка с воздухом Питтсбурга 50 лет назад, Берроуз, тем не менее, вновь и вновь отмечает живую, дружелюбную атмосферу города, красоту его скверов и улиц летом, великолепные панорамные виды, открывающиеся со смотровой площадки Кузнецкой крепости, с моста через р. Томь.

Искусствовед и историк материальной культуры П. Бусслер (г. Куксхафен, Германия) бывал в Новокузнецке ежегодно на протяжении 1990-х и 2000-х гг. Считая, что современная гражданская и офисная архитектура в центре г. Новокузнецка сравнима с европейской, П. Бусслер удивлялся непродуманности архитектурного планирования в ряде городских кварталов, удаленных от центра. [Witthohn, 2012, Иванова, 2012]

Признанный российский музыкант-перкуссионист, композитор, дирижер и педагог Марк Пекарский, приехавший в Новокузнецк по приглашению представителей творческих союзов и администрации города в 2005 г., был очень тепло встречен публикой в начале концерта, но был вынужден прервать

выступление, проходившее в знаковом месте – обладающем уникальной акустикой театральном зале в дворце культуры «Алюминщик» – из-за глумливого шума, исходившего от аудитории во время исполнения тихого экспериментального музыкального номера [Немиров 2005].

По устному замечанию проф. А. В. Ващенко (1947-2013), фольклориста с международным именем и признанного исследователя этнических культур [Моклецова, 2012; Федосюк, 2015], Новокузнецк не был похож на другие сибирские города, которые ему довелось посетить (Иркутск, Томск, Ханты-Мансийск, Тобольск, Барнаул и др.) . Во-первых, разница касалась горожан, которых он встречал в общественных местах – улицах, площадях, магазинах, кафе. Восхищаясь женщинами, которые показались ему по-особому ухоженными, внимательными, интеллигентными, сдержанными, профессор Ващенко не смог не отметить, что многие мужчины выглядели неоседлыми, обладали вороватыми манерами, как если бы Новокузнецк был местом, где они оказались по воле случая, но вынуждены были задержаться в силу неопределенности будущего остальных городов и регионов страны. Указывая на умных, восприимчивых студентов с «глазами начинающих, но убежденных гуманитариев», профессор Ващенко заметил, что на лекциях всегда были скучающие студенты, которые даже не пытались скрыть своего разочарования. Отметив, что на оживленных городских улицах много молодежи, в частности – атлетически сложенных молодых людей с уверенными движениями и громкими голосами, профессор был удивлен тому, как много вокруг престарелых людей, с трудом преодолевающих путь до продуктового магазина.

Восхищенный размахом и красотой Театральной площади, профессор не смог удержаться от недоуменных замечаний при виде скульптуры сталевара с ломиком-жезлом внутри ротонды в саду Metallургов (1934 г.): в ротонду сталевар был помещен в результате реконструкции 1990 года. Идею автора (архитектор Ю.М. Журавков), тем не менее, способен оценить специалист, знакомый с архитектурой Новокузнецка в целом и могущий объяснить сталевара внутри ротонды ироничным стремлением архитектора подчеркнуть

любовь идеологических отцов города (в Новокузнецк город был переименован в 1961 г., до того он долгие годы – начиная с 1932 г. – назывался Сталинском) к неоклассицизму. При разработке единого архитектурного ансамбля на одной из центральных магистралей города с такой нетривиальной историей, прием стилистической неоднородности был признан уместным многими.

Остановимся, тем не менее, на Саде Metallургов. По обе стороны от Сада Metallургов расположены действующие сегодня объекты культурного наследия эпохи модернизма – первый звуковой кинотеатр в Кузбассе «Коммунар» (1933 г.) и Дворец культуры и техники КМК (1935 г.). Здания, построенные изначально в стиле конструктивизма, позднее были перестроены и реконструированы в духе требований того времени – с добавлением классических элементов (сталинский ампир).

Можно сказать, этим зданиям повезло, так как многие интересные архитектурные объекты эпохи советского авангарда либо утрачены навсегда (первый Детский сад 1931г., комплекс общежитий для рабочих КМК 1934 г., Театр юного зрителя 1936 г. и другие); либо смертельно больны и доживают последние дни: Детский дом культуры 1930 г., здание Сибирского металлургического института 1933 г., Гостиница на Верхней колонии 1936 г.

Можно принять за случайное совпадение то, что работоспособные, мыслящие люди (инженеры, врачи, программисты, деятели культуры и искусства) начали массово покидать город именно в годы, когда упомянутые здания перестали быть функциональными. Исключив (как было условлено в начале статьи) – экологию и экономику в качестве ведущих причин, можно предположить, что люди уезжали из Новокузнецка в силу появившейся возможности жить в другой стране (у многих были родственники за рубежом). Оказавшись востребованы профессионально, многие решились на профессиональную **эмиграцию** в Австралию, Канаду, ЮАР. Кто-то мог уехать из-за преследований местной организованной преступности, кто-то в силу желания найти более щадящее (климатически, социально и культурно) место для жизни на закате профессиональной деятельности.

В последнее годы причины переезда из Новокузнецка в другие регионы (опять же, причины, неэкономического и неэкологического характера) стали другими. Если не брать в расчет необходимость перемещаться вслед за работой, либо неудобство работы в регионе, находящемся в азиатском часовом поясе для тех, кто вынужден работать синхронно с европейскими головными офисами компаний, на первое выходят проблемы высшего образования и здравоохранения. Высшее образование, безусловно, должно давать новокузнецчанам реальный шанс найти свое профессиональное место в постиндустриальном мире. Здравоохранение, в свою очередь, должно быть эффективным и в Новокузнецке настолько, чтобы серьезно заболевшие люди с любым достатком имели шанс, во-первых, выжить и, во-вторых, вернуться к полноценной жизни.

Но не причастно ли текущее состояние ряда архитектурных объектов к миграционным настроениям молодых горожан, родившихся и выросших в Новокузнецке, не привносит ли архитектура свою лепту в достойное профессиональное, академическое, и просто физическое бытие, не пролегает ли путь к телесному, нравственному и социальному здоровью через измерение архитектуры в том числе?

В уходящее десятилетие много говорили и писали об устойчивом развитии всего – природно-ресурсоемких отраслей, городской среды, общества, личности. Но, насколько нам известно, никем не была проведена дискуссия об устойчивом развитии амбиентной среды, т.е. устойчивом развитии исторически слагаемых нематериальных свойств, которые обеспечивают привлекательность места (несмотря на суровые климатические условия, экологические проблемы, относительную бедность городских бюджетов).

Амбиенс, амбиентность внутри или за пределами парадигмы устойчивого развития обсуждалась в работах исследователей из многих областей гуманитарного знания – от социологов до философов культуры. Так, исходя из видения амбиенса в качестве важной составляющей городской атмосферы, французский исследователь Т. Грифферо предлагает атмосферологический

подход в решении ряда проблем урбанистической цивилизации. Мысля в русле теорий новой эстетики и новой феноменологии, Т. Грифферо исследует факторы, которые причастны становлению впечатления от города, способность города быть «образом» - imaginability»). Ученый придает большое значение фактору освоенности городского пространства обитателями, их желанию и возможности культивировать т.н. иммерсивные свойства городов [Griffero, 2013]. Мысль Грифферо о городской атмосфере как культивируемому свойству города вполне созвучен нашему поиску путей перемены образа города во времени, в том числе за счет привлечения актуальных гуманитарных теорий и реализации разработок креативной интеллигенции из постиндустриальной образовательной среды, в частности проекта создания виртуальной архитектуры. Велось исследование в направлении решения как концептуальных, так и технологических вопросов. [Деева, Благиных, 2020; Чередниченко, 2018].

Известно, что виртуальная архитектура – это актуальная разновидность архитектурного эксперимента, нацеленного на формирование и определение атмосферологических свойств не как объективной данности, но как продукта, обретающего черты в ходе рецептивной деятельности. Таково послание, прочитываемое в исследовании Г. Челкоффа [Chekoff, 2018].

Статья П. Чеботаревой и Н. Раск представляет собой исследование еще двух аспектов городской атмосферы. Первый аспект касается пересечения природной, архитектурной и социальной сред как условия формирования атмосфер. Второй аспект касается потенциала, которым архитектурная среда обладает в плане привлечения обитателей к атмосфере как трудноуловимой «реальности». Соответственно, архитекторы могут стимулировать обитателей городской среды к исследовательскому поведению внутри подобной атмосферы, к формированию отношений между индивидом и окружением. Гипотеза исследователей опирается на экологическую теории восприятия, экологическую этику и принципы современной экспериментальной архитектуры. В ходе исследования П. Чеботаревой и ее соавторами был

задействован нарративный материал, полученный в ходе полевого исследования городской среды [Chebotareva, Rask, 2018].

Далее, архитектура и педагогика образуют симбиоз в исследованиях В. Лебуа и Д. Лабурта о возможности преподавании чувственного опыта архитектуры. Согласно рассуждениям авторов, только действие и телесное движение дают возможность погружения в архитектурную атмосферу. Взаимодействие тела с пространствами имеет свои этапы, или ступени: этап исследования атмосферы с помощью физических упражнений, предназначенных для удержания внимания учащихся, этап обеспечение результатов исследования посредством проектирования и реализации воплощенного представления и т. д. [Lebois, Laburte, 2018]. В результате анализа экспериментальной работы по телесному погружению в пространство мультимедийной библиотеки Мальро магистров Высшей архитектурной школы г. Страсбурга (Франция), авторы приходят к рекомендациям **об использовании** приемов телесного взаимодействия с окружающим архитектурным пространством. Подход к телесному освоению архитектурного пространства авторы называют «активной педагогикой».

Наконец, исследователи К. Демерс и А. Потвин пишут о важности знания об исторических формах городской атмосферы для объективной мультисенсорной интерпретации ее текущего состояния [Demers, Potvin, 2016]. Сообщая о лаборатории физического окружения, которая была концептуально разработана, а затем построена и заселена в провинции Квебек (Канада), авторы имеют в виду полномасштабную изменяемую структуру. Лабораторный эксперимент нацелен на восполнение недостатков цифрового моделирования меняющихся городских пространств, так как включает исследование «переживания» людьми, населяющими лабораторное пространство, историко-типологических форм архитектурного окружения. В ходе эксперимента ученые пытаются связать теорию окружения с реальной сложностью его мультисенсорного «переживания».

Педагогика и «открытие» архитектурного окружения

История архитектурного окружения в г. Новокузнецке свидетельствует о том, что здание, прежде чем стать обыденным, неинтересными и, в конечном счете, незаметным, проживают период «славы», определяя, на каком-то этапе, идентичность улицы, квартала, части города. Наша задача в том, чтобы средствами виртуально сконструированной историко-архитектурной ретроспективы воссоздать исторический атмосферу ряда топосов в городе в те отрезки времени, когда архитектурные объекты (например, кинотеатр «Коммунар», или Дворец технического творчества КМК) задавали архитектурный тон своему окружению. Далее будем стремиться реконструировать исторический чувственный комплекс, связанный с восприятием городского архитектурного окружения людьми, которые были молоды в прошедшие десятилетия. Восприятие городского архитектурного окружения, опирающееся на углубленное ретроспективное знание о нем, может и должно отличаться от непредвзятого, поверхностного восприятия. Вопрос в том, как и где большинство горожан может подобное знание приобрести.

Подходы к проблеме уже намечены в исследованиях авторов, упомянутых в обзоре литературы. Возвращаясь к упомянутому выше исследованию В. Лебуа и Д. Лабурта, описавших эксперимент по обучению сенсорному переживанию архитектуры средствами «активной педагогики» [Lebois, Laburte, 2018], следует задуматься о том, как осваивается архитектурное пространство г. Новокузнецка молодыми людьми современного поколения. Если принять в качестве исходного то, что подвижное, обладающее всеми сенсорными преимуществами молодости человеческое тело обучаемого представляет собой лучший инструмент для исследования архитектурной реальности и городской атмосферы, чем компьютерные симуляции объектов и процессов, можно сразу заметить, что в данном направлении педагогикой вуза мало используется естественная склонность молодежи к подвижному, динамичному поведению. А если поверить в то, что телесно-чувственное переживание архитектуры все еще может быть полноценным

временпровождением с точки зрения вузовской молодежи г. Новокузнецка в силу того, что цифровизация учебного процесса и внеучебной деятельности обучаемых еще только набирает силы в местных университетах, то преимущества подхода французских исследователей становятся еще очевидней. Изучение – открытие – индивидом пространства при помощи поз, жестов, драматизированной имитации типичных ситуаций, связанных с коллективным передвижением внутри здания и вне его, может способствовать формированию эмпатического отношения к городу, его архитектуре, его истории, его повседневности. Французские исследователи выбрали здание медиатеки Мальро в качестве площадки для проведения серии экспериментальных занятий по телесному освоению незнакомого архитектурного пространства и установлению контакта с присутствующими посетителями и сотрудниками медиатеки. Новокузнецкая инициативная исследовательская группа при соответствующей грантовой поддержке могла бы задействовать функционирующие общественные заведения, расположенные, например, в зданиях эпохи индустриального авангарда. Собрав педагогический коллектив из преподавателей разных учебных предметов - архитектурного проектирования, социальной психологии, антропологии, физической культуры, танца, можно прийти к тому, что в проекте обучения чувственному переживанию архитектурной данности пересекутся многие поля когнитивного опыта.

Но в самом начале важно, чтобы обучающиеся видели усилия инициативных групп, исполнителей образовательных и иных проектов, городских и региональных властей, нацеленные на выявление и концептуализацию (брендирование) амбиенса города. Чем масштабней такие усилия (реконструкция архитектурных комплексов и зон, туристская реконструкция промышленных зон, превращаемых в музеи под открытым небом) тем больше шансов вернуть Новокузнецку его былую славу и привлекательность [Дрожжин, 2018; Mendgen, 2007]. Созерцать прошлое через

призму настоящего, призвать прошлое стать свидетелем процесса выживания дома, квартала, города, региона – вот что нужно молодежи сегодня.

Понимая невозможность прямого применения немецких идей и немецкого опыта 1990-х гг. к трансформативному восстановлению атмосферной среды в российском сибирском городе в 2020-е гг., мы вынуждены усилить педагогический аспект исследования. Едва ли можно в короткий срок сформировать определенный заданный тип личности для того, чтобы молодые люди перестали уезжать в Новосибирск, Санкт-Петербург или Калининград, а остались в Новокузнецке и его окрестностях и работали на региональных работодателей. Но если наша цель искренне в том, чтобы побудить молодежь остаться в регионе, либо предотвратить резкий отток молодежи университетского возраста, мы, в дальнейшем, должны разобраться с педагогическими основаниями и психологической сущностью того, что называем сегодня «социальной активностью» молодежи. Это – та будущая стадия, на которой наше исследование имеет шанс обрести более конструктивную форму.

Результаты исследования

Соотнося то, что было предложено в качестве уместного с точки зрения открытия, поддержания и изменения амбиенса в зарубежных исследованиях с материалом, имеющим прямое отношение к Новокузнецку, следует сказать, что город имеет объективный шанс стать одним из самых интересных мест в Сибири, обладающим всем необходимым для запуска процесса брендинга уже сегодня. Начнем с архитектуры. Как говорилось в исследованиях, посвященных архитектуре Новокузнецка [Blagunikh, Ershova, Matehina, 2020], конструктивизм можно считать тем архитектурным стилем, который всегда способствовал уникальности Новокузнецка. Конструктивизм как философскую концепцию, стиль мышления (не только архитектурный стиль) окружает определенная мифология, а причастность мифологии к возникновению атмосферических свойств места трудно переоценить. [Вайль, 1999]

1920-30-е – это период становления Нового Кузнецка [Чередниченко, 2018], период начала массового жилищного строительства, где воплотились основные принципы нового мышления того времени – экономия материалов, монтаж зданий из готовых частей, и, что немаловажно – идея здорового жилища, учитывающая психологические характеристики пространства, воздействие инсоляции, цвета и формы, компенсирующие, таким образом, скудость внешнего облика.

Во всем мире с трепетом относятся к постройкам периода конструктивизма (шесть памятников жилой архитектуры 1920-х гг. в Берлине внесены в Список Всемирного наследия ЮНЕСКО в 2008 г.). Это подтверждают и многочисленные выставки, проводимые в России и в Сибири совместно с Немецким культурным центром имени Гёте: «Воплощенная утопия. Новая архитектура 1920-х. Россия – Германия»; «Жизнь в памятниках мирового наследия 20-х» и др. Основной целью выставок было сопоставление архитектурной и градостроительной концепции жилых районов городов, спроектированных немецкими, итальянскими и советскими архитекторами. Одна из таких передвижных выставок «Жизнь в памятниках модернизма» была проведена в Новокузнецке на базе Сибирского государственного индустриального университета в 2009 г. Объекты Новокузнецка достойно вписались в когорту конструктивистских построек.

В городской атмосфере Новокузнецка еще сохранились здания, которые, по мнению специалистов, являются наиболее интересными с точки зрения архитектуры конструктивизма и истории советского авангарда, но они требуют к себе немедленного внимания как объекты, нуждающиеся в спасении. К большому сожалению, часть этих объектов – как говорилось во Введении – утеряна навсегда. Например, первый Детский сад (снесенный в 2018 г.), его, по мнению некоторых экспертов, проектировала знаменитая Маргарете Шютте-Лихоцки, первая австрийская женщина-архитектор, мастер европейского авангарда XX века [Благиных, 2018]. В авторстве Шютте-Лихоцки убеждает ее внимание к проектированию и дизайну детских учреждений, и некоторая

схожесть внешнего вида первого Детского сада с объектами, спроектированными ею в Европе. Решающим аргументом служит наличие фамилии Шютте-Лихоцки в немецком справочнике архитекторов, участвовавших в составе группы Эрнста Мая в проектировании социалистического Новокузнецка: Шютте-Лихоцки указана там как автор “kindergarten” в Соцгороде [Лизогуб, 2017]. Другой пример, уникальный инженерный объект конца 20-х гг. – Домна 5 металлургического комбината (разобрана в 2012 г.) – который замыкал перспективу проспекта Курако, одной из главных магистралей города. Сейчас эта историческая панорама нарушена.

Гостиница жилого района Верхней колонии – один из памятников конструктивизма, первая в городе гостиница, построенная для размещения инженерно-технических работников Кузнецкого металлургического комбината и иностранных специалистов, посетивших Новокузнецк в эпоху первых пятилеток. Отель не работает уже много десятилетий. Он, вероятно, скоро тоже будет снесен – замерзший, с выбитыми окнами.

С конструктивистской архитектурой мы теряем историю города. Следовательно, теряем прошлое. А вместе с прошлым мы теряем важную часть городской атмосферы. Конструктивистские здания, такие как первый Детский сад, Гостиница Верхней колонии, здание первого вуза в Кузбассе – Сибирского металлургического института – и другие действительно внесли свой вклад в атмосферную идентичность Новокузнецка! Трудно сказать, каким образом исчезновение этих объектов повлияет на образ города. Но если это произойдет, в каком измерении мы будем восстанавливать их историческую, эстетическую и нравственную сущность?

Предлагаем следующие уровни-ступени возрождения городской атмосферы:

- исследование атмосферологических свойств Новокузнецка на текущем этапе, завершающееся созданием атмосферологической карты города;
- визуализацию исчезающих объектов архитектуры (3D модели, видеоролики);

- создание программы архитектурной реновации исторических достопримечательностей (ил.1)

- создание программы, дающей возможность осуществлять виртуальные прогулки по городу.

- создание программы, дающей возможность осуществлять виртуальные прогулки по городу.

Исчезнувшие здания можно воссоздать при помощи виртуальной архитектурной реальности. В современном смысле виртуальная реальность – это технически конструируемая при помощи компьютерных средств интерактивная среда оперирования объектами, подобными реальным или воображаемым, на основе их трехмерного графического представления, симуляции их физических свойств, их способности воздействия на окружающую среду.

Виртуальная реальность предполагает также создание средствами специального компьютерного оборудования (шлем, очки, костюм) эффекта присутствия человека в этой объектной среде (чувство пространства, динамические ощущения). Цифровые технологии позволяют вовлечь в процесс воссоздания и изменения архитектурного сооружения не только архитектора, но и посетителей, как бы распространяя виртуальный процесс проектирования на этап эксплуатации воссоздаваемого здания. Можно сказать, что архитектура всегда виртуальна в философском плане: она соединяет виртуальность воображения с реальностью.

Далее, исходя из того, что сегодня воспринимается как должное (Новокузнецк становится все менее и менее интересен для молодежи), планируется академическое исследование социальных и культурных факторов, стимулирующих тенденцию. Перебирая гипотезы, уже сейчас можно говорить об отсутствии достаточных фоновых знаний в области краеведения и регионоведения, специфике общественного и коммуникативного поведения среднего молодого новокузнецанина / новокузнецанки, отсутствие рецептивных навыков и способности к художественному самовыражению.

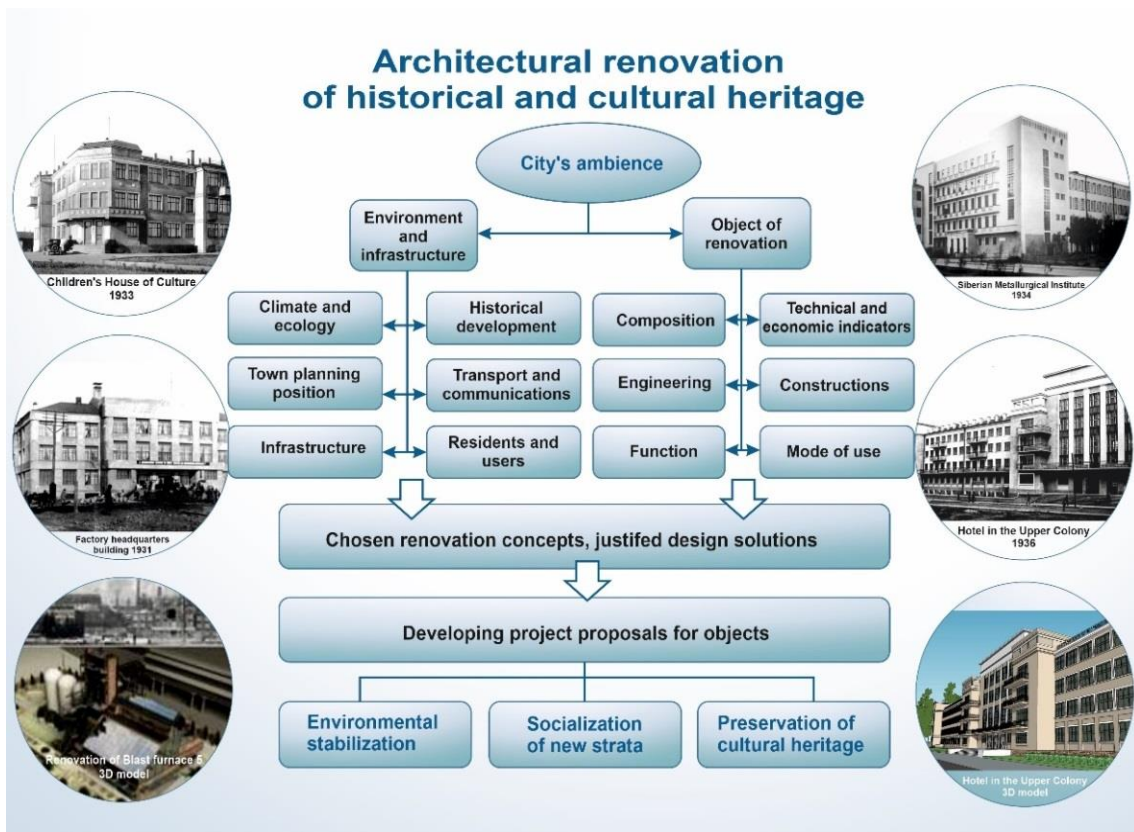


Рисунок 1. Архитектурная реновация исторических достопримечательностей

Заключение

В ходе дальнейшего исследования ambientной среды как новой возможности привлечь внимание к истории, традициям, перспективам Новокузнецка, полезным представляется именно междисциплинарный подход. Междисциплинарность, принимающая в рамках данного исследовательского проекта вид инфузивного соприкосновения предметных зон истории архитектуры, практической педагогики и прикладной культурологии, становится тем научным пространством, в котором можно начинать строить теорию.

Красоту нужно еще уметь видеть, как говорится в английской пословице (*Beauty is in the eye of the beholder*). Чтобы ощутить вибрации грандиозного прошлого в том, что не выглядит стопроцентно привлекательным сегодня, нужно обладать внутренним зрением. Это зрение имеет приобретенный, а не природный характер. Будем полагать, что виртуальная архитектура и педагогика помогут молодым новокузнецчанам такое зрение обрести.

Список использованных источников

1. Арыкова Е.А., Благиных Е.А., Чередниченко Ж.М. Концепция реновации гостиницы Верхней колонии в Новокузнецке – объекта историко-культурного наследия эпохи модернизма/ Баландинские чтения: сборник статей научных чтений памяти С.Н. Баландина. - Т. XV. - Новосибирск: Новосибирский государственный университет архитектуры, дизайна и искусств имени А.Д. Крячкова, 2020.

2. Blaginykh E. Blaginyh, E.A., D.V. Ershova, O.V. Matehina. Features functional planning organization and composition of the coastal territories of the central part of Novokuznetsk/ Far Eastern Federal University (FEFU) Vladivostok. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 753 (2020) 042064.

3. Burroughs, A. Parker. My Russian Affair // <http://grumpyoldditor.blogspot.com/2008/03/russian-affair-part-4.html>;
<http://grumpyoldditor.blogspot.com/2008/03/russian-affair-part-5.htm>;
<http://grumpyoldditor.blogspot.com/2008/03/russian-affair-part-6.html>;
<http://grumpyoldditor.blogspot.com/2008/03/russian-affair-part-11.html>;
<http://grumpyoldditor.blogspot.com/2008/03/russian-affair-part-11.html>;
<http://grumpyoldditor.blogspot.com/2008/03/russian-affair-part-12.html>.

4. Chebotareva, Polina and Rask, Nina. Mediating new individual-environment relations through experimentation on ambiance // Ambiances [Online], 4 | 2018, Online since 05 December 2018, connection on 19 April 2019. URL : <http://journals.openedition.org/ambiances/1648>.

5. Chelkoff, Grégoire. Expérimenter l'ambiance par l'architecture Experiencing on ambiance with architecture // Ambiances:International Journal of Sensory Environment, Architecture and Urban Space #4. 2018 <https://journals.openedition.org/ambiances/1558>.

6. Cherednichenko Zh. Чередниченко Ж.М. Новокузнецк в 1920-1930-е годы в памятниках модернизма // Сборник материалов всероссийская (с междунар. участием) научной конференции "XIII Баландинские чтения.

Архитектурное наследие Сибири и Дальнего Востока: изучение и актуализация", 15—17 мая 2018 г. Новосибирск, НГУАДИ. С.601-606.

7. Deeva A. I., Blaginykh E. A. Problems of preserving the historical environment of the Social city of Novokuznetsk / Bulletin of the Siberian State University/ Under the general editorship of E. V. Protopopov; Siberian State Court. industrialnyu-T. - Novokuznetsk, No. 3 (33) 2020.

8. Проблемы сохранения исторической среды Соцгорода Новокузнецка / Вестник Сибирского государственного университета/ Под общей редакцией Е.В. Протопопова; Сибирский госуд. индустриальный ун-т. – Новокузнецк, № 3 (33) 2020.

9. Demers, Claude, Potvin, André. From History to Architectural Imagination: A physical ambiances laboratory to interpret past sensory sensory experiences and speculate on future spaces // <https://journals.openedition.org/ambiances/756>.

10. Дрожжин Р.А., Благиных Е.А. Методология и особенности реновации промышленных зон в индустриальных городах юга Западной Сибири // Известия высших учебных заведений. Строительство. №4. НГАСУ, Новосибирск, 2018. С. 95-103.

11. Griffero, T. The atmospheric “skin” of the city // Ambiances [Online], Varia, Online since 20 November 2013, connection on 30 April 2019. URL: <http://journals.openedition.org/ambiances/399>.

12. А. Петер Бусслер – о второй родине, работе и путешествиях в Сибирь // Еженедельник "Аргументы и Факты" № 24. Аргументы и факты - Кузбасс 13/06/2012 URL: <https://kuzbass.aif.ru/society/education/98092>.

13. Lebois, Valerie et Dominique Laburte, « Corps enquêteurs et lieux performés », Ambiances [En ligne], 4 | 2018, mis en ligne le 06 décembre 2018, consulté le 19 avril 2019. URL : <http://journals.openedition.org/ambiances/1618>

14. Lizogub, P. Лизогуб, П. П. Немцы в городе: «немецкий след» в архитектуре Новокузнецка 1930-х годов / Петр Лизогуб // Наш город Новокузнецк. - 2017. - № 1 (март). - С. 46-53.

15. Советское наследие и Европейский модернизм Berlin 2007 S. 119-124.

16. Неверов, В Человек мира и музыкальные пэтэушники // <https://kuzpress.ru/culture/07-03-2005/4126.html>.

17. Weil, P. Place Genius Вайль, П. Гений места. М.: Колибри, 1999, 205 с.

18. Witthohn, Hervig V. Mein Cuxhaven // Cuxhafen Kurier 07. 11. 2012, S.7 http://www.cnvuriere.de/fileadmin/user_upload/pdf/CUK/121107_CUK/pubData/source/121107_CUK.pdf.

УДК 130.2:378.4

ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНЫЕ ОСНОВАНИЯ МНОГООБРАЗИЯ МОДЕЛЕЙ ТРАНСФОРМАЦИИ УНИВЕРСИТЕТА

Н.А. Иванова

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

В условиях социальной модернизации и инновационного развития производство знания приобретает рутинный характер, научно-исследовательская деятельность превращается в крупнейшую отрасль экономики и происходит переход к непрерывному и всеобщему образованию – образованию через всю жизнь и для всех. Не являясь всеобщим высшее образование есть условие возможности науки, направленной на выполнение фундаментальных, поисковых и прикладных исследований. Современное российское высшего образования представлено в настоящее время различными типами: университетами, которые предлагают широкий спектр образовательных программ и уровней образования, включая аспирантуру; академиями и институтами, с более узким набором образовательных программ. Большая половина университетов находятся под юрисдикцией министерства науки и высшего образования, часть связана с министерствами сельского хозяйства, здравоохранения, транспорта, спорта и туризма, социального развития и др. Типология российских университетов включает: университеты с особым статусом (МГУ, СПбГУ), федеральные университеты, национальные

исследовательские университеты, региональные опорные университеты. Представляется, что наиболее остро в настоящее время стоит вопрос формирования системы высшего образования на уровне регионов. В условиях перехода к инновационной экономике актуализируется задача подготовки кадров высшей квалификации, соответствующих запросам рынка труда. Происходит формирование многоуровневой системы подготовки кадров, обладающих общекультурными и общепрофессиональными компетенциями, необходимыми для выполнения заданных отраслевыми профессиональными стандартами трудовых функций. Однако, прежде чем, исследовать особенности формирования высшего образования в регионах, следует остановиться на взаимосвязанных процессах становления национальных университетов и формирования моделей университетского образования.

Идея университета, понимаемая как человечество в целом, впервые появляется в работах римского государственного и политического деятеля Цицерона. В средние века термин «университет» начинает трактоваться как корпорация преподавателей и студентов на всем пространстве христианского мира. Автономию университетам обеспечила папская грамота, что превратило их в государство в государстве и позволило оказывать влияние на цивилизационное развитие европейских стран [1]. Изначально в Парижском университете единственным предметом преподавания была теология, а главным организатором университетского образования выступала церковь. В результате Французской революции и принятием Наполеоном 10 мая 1806 г. закона об Университете произошло ослабление церковной власти, университет превратился в центр публичного обучения и воспитания и стал включать в себя три факультета (богословский, юридический и философский), превратившись в бюрократическое учреждение с жесткой внутренней иерархической структурой. Образование являлось основной функцией университета, в то время как прерогативой Парижской Академии наук было производство нового знания. Университетская система во Франции долгое время имела единообразную организацию и централизованное управление.

Внешнеполитические амбиции Пруссии 18 века в форме экспансии немецкого духа в такие области культуры как наука и образование способствовали тому, что немецкие университеты стали центрами творческой мысли, не ограниченной систематизацией и передачей готового знания. По сравнению с односторонностью французских университетов, ориентированных исключительно на преподавание, единство науки и образования должна была обеспечить значимость и приоритет немецких университетов. Гумбольтовская модель университета, соответствуя индустриальной эпохе, соединила в себе исследование и образование, и легла в основу немецкой национальной модели высшего образования, а затем была заимствована другими странами и сегодня является основой современной модели исследовательского университета. В настоящее время система немецкого образования представлена двумя группами вузов – институтами прикладных наук, ориентированными на преподавание в сфере профессионального образования в области инженерных наук, государственного управления, бизнеса и социальной работы, и, как правило, не имеющими право на присуждение научных степеней, и университетами, из которых большинство являются государственными учреждениями и находятся под юрисдикцией федеральных земель, что обеспечивает их относительную автономию.

Предложенная и разработанная кардиналом Дж. Г. Ньюменом идея классического университета в Англии предполагала либеральность и универсальность, университет – это место, где накапливается, сохраняется и передается универсальное знание, которое обеспечивает выпускникам не столько профессию или практические навыки, сколько определенное мировосприятие и жизненные ориентиры. Основная задача университета – обучая достижениям культуры, развивать интеллект и духовность. Широта и универсальность британского университетского образования сделали его несовместимым с научной деятельностью, предполагающей специализацию, поэтому английская наука в лице Лондонского королевского общества развивалась как любительское предприятие.

Современные европейские университеты ориентируются на североамериканскую модель, которая лидирует в условиях глобализации и конкуренции на рынке знаний. В этой модели деятельность идеального ученого направлена прежде всего на написание статей в высокорейтинговых журналах на английском языке и привлечение в больших объемах внешнего финансирования. В самой же Северной Америке университеты, появившись в 17 веке, первоначально выполняли задачу окультуривания территорий путем формирования воздержания и смирения в духе пуританских добродетелей, образовательная функция носила вторичный характер и осуществлялась по программам Оксфорда и Кембриджа.

В 1755 году указом Елизаветы Петровны в России был учрежден Московский государственный университет и тем самым было завершено создание образовательной системы, включающей в себя гимназии, академии и университет. Ломоносов М. В. разрабатывал проект университетского образования, ориентируясь на немецкую модель университета В. фон Гумбольдта, т.к. считал, что университет должен быть центром национальной культуры и сочетать в себе служение обществу и науке. Связь теории с практикой и преподавание на русском языке составили специфику российской системы университетского образования. Развитие высшего образования в России после 1917 г. происходило на основе университетов, учрежденных в 18-19 вв., а быстрый рост промышленности и городов потребовал становления среднего и высшего профессионального образования.

Представляется, что именно историко-культурное разнообразие национальных систем университетского образования является основанием современных моделей трансформации университета от версии учебного университета 1.0 до модели университета 4.0. Если в модели университета 1.0 акцент делается на образовательную деятельность, которая ориентирована на глубокие академические знания и имеет четкую организацию, коммуникация осуществляется в основном внутри образовательной среды и отсутствуют прямые связи с бизнесом, то модель исследовательского университета 2.0

характеризуется единством исследовательского и образовательного процессов [2]. В то время как «Университет 1.0», возникая в доиндустриальную эпоху, выполнял задачи формирования и совершенствования национальных сообществ и их культур, исследовательский университет на индустриальном этапе развития общества, сохраняя исходную задачу университета в сфере образования, предполагает выход на глобальный уровень интернациональной науки, становясь тем самым необходимым условием научно-технического прогресса, т.к. осуществляет не только подготовку высококвалифицированные кадры, но и проводит научные исследования.

Специфику модели предпринимательского университета 3.0. составляет выполнение работы по заказам со стороны бизнес-сообществ и требование инноваций, обусловленные развитием рыночных отношений. Ярким примером частного финансирования высшего образования являются «университеты красного кирпича» Англии конца 19 века, созданные в крупных промышленных центрах. Один из самых цитируемых ученых Н. Хомский утверждает, что предпринимательские мотивы, наступая на социальные блага и солидарность, способствуют приватизации общественных институтов, включая здравоохранение и образование [3]. Возникновению модели университета 3.0 способствовала государственная политика, направленная на сокращения финансирования и вынуждающая университеты вступать в рыночные отношения с бизнесом, самостоятельно искать дополнительные средства. В этих условиях необходимо появление менеджеров нового типа и сильного административного ядра, которые в отличие от научно-педагогических работников, ориентированных на коллегиальное управления, способны самостоятельно принимать рискованные решения и выступать инициаторами академической модернизации.

Понимание знания как частного блага, характерная для модели предпринимательского университета, пересматривается в пользу его традиционной трактовки как блага общественного в модели университета 4.0. Дискуссии о модели университета будущего, характерными особенностями

которой являются адаптивные технологии и единое цифровое пространство ведутся в условиях развития информационных технологий [4]. Деятельность университета 4.0 направлена на подготовку выпускника, который за счет овладения системным мышлением, личностными, мягкими и профессиональными навыками был бы успешным во всем. Коммуникации и управление в университет 4.0 основано на использование цифровых инструментов (анализа больших данных и искусственного интеллекта), адаптивных и индивидуальных образовательных программ. Предполагается, что университеты 4.0 должны стать драйверами развития региональных и отраслевых экосистем, сконцентрировав в себе ресурсы кластерного развития, а в масштабе страны превратиться в точки роста экономики знаний.

Реформирование российской системы высшего образования в начале 21 века связано прежде всего с присоединением к Болонскому процессу и дифференциацией вузов по объемам государственного финансирования и статусам. Современные российские университеты участвуют в обеспечении конкурентоспособности своих территорий в национальном масштабе, в условиях решения задачи инновационного развития страны. Ресурсная стратификация вузов вносит вклад в неравномерное социально-экономическое развитие территорий и способствует активному поиску региональными вузами стратегий трансформации на основе детального анализа своих сильных и слабых сторон. И если федеральный фактор развития региональных университетов проявляется в усилении контроля за качеством образовательных программ, то региональный предполагает объединение в едином пространстве государственных целей, интересов местных сообщества и бизнеса.

В заключении, следует подчеркнуть, что разнообразие систем университетского образования как форм высшего образования обусловлено национальным историко-культурным особенностями их формирования; а процесс трансформации университета в зависимости от миссий и деятельностных форм может быть представлен разными моделями,

создающими поле возможностей современных перспектив развития региональных университетов.

Список использованных источников

1. Сантоцкая К.Э. Эволюция идеи университета // Векторы благополучия: экономика и социум. 2020. № 1 (36). С.72-86.
2. Пономарева О.Н. Модели и функции современных университетов // Вестник евразийской науки. 2020. №5, <https://esj.today/PDF/68ECVN520.pdf> (доступ свободный).
3. Хомский Н. Приватизация образования – подрыв солидарности // Скепсис. 2000. № 3/4 https://scepsis.net/library/id_380.html (доступ свободный).
4. Титов С.В. Основные положения и перспективы развития концепции «университета 4.0» // Международный научно-исследовательский журнал. 2019. № 6(84). С.66-70.

ЮБИЛЕИ***РОСТОВЦЕВУ******ВАЛЕРИЮ НИКОЛАЕВИЧУ – 80 ЛЕТ***

28 мая 2021 года исполняется 80 лет директору АО «ТОМКО», академику РАЕН, Заслуженному геологу РФ, Почетному разведчику недр, Почетному работнику газовой промышленности, доценту по кафедре «Горючих ископаемых, горному инженеру - по специальности «Поиски и разведка нефтяных и газовых месторождений» к.г.-м.н., награжденному 2 медалями ВДНХ, медалью за воинскую доблесть, серебряной медалью за заслуги в развитии Томского политехнического университета. Под его руководством защищены 4 кандидатских работы, опубликовано 5 монографий и более 150 статей.

После окончания ГРФ ТПИ Ростовцев В.Н. направляется в Предуральскую полевую геологоразведочную экспедицию, где в качестве участкового геолога принимает участие в открытии крупнейшего в Европе Оренбургского газоконденсатно-нефтяного месторождения. С 1968 по 1970 год служит в Забайкальском военном округе в должности командира огневого взвода. С 1970 по 1973 год старший геолог геологического отдела Томского геологического управления. Курирует работу трех экспедиций. С 1973 по 1977 год старший научный сотрудник ТО СНИИГГиМС занимается изучением особенностей строения васюганской свиты, основного нефтегазоносного объекта Томской области. С 1977 по 1982 год, начальник партии, а затем начальник геологического отдела геологического объединения «Ямалнефтегазгеология». обеспечивает контроль работы 5 полевых экспедиций ведущих поиски и разведку всех месторождений Ямальского и Гданского полуостровов. Принимает участие в работах при получении первой нефти на Бованенковском месторождении и газа на Ново-Портовском месторождения. В

1977 году Валерий Николаевич в МГУ защищает кандидатскую диссертацию. С 1982 по 1990 год заведующий кафедрой горючих ископаемых ТПИ. С 1993 по 1997 год начальник отдела нефтяной промышленности администрации Томской области. С 1997 по 2001 первый заместитель начальника департамента геологии и разработки газовых и нефтяных месторождений ОАО «ВОСТОКГАЗПРОМ». При его участии создаются газодобывающие предприятия в Красноярске, Иркутске, Кемерово. В 1999 году ОАО «ВОСТОКГАЗПРОМ» создает газодобывающую промышленность Томской области, в формировании ресурсной базы которой геологическая служба этой организации принимала непосредственное участие. С 2004 года Ростовцев В.Н. назначается директором научно-производственного предприятия АО «ТОМКО».

На всех этапах своей разнообразной деятельности Ростовцева В.Н. отличали не стандартные подходы к решению поставленных руководством и жизнью задач. Работая за полярным кругом, он в геологическом отделе создал такую обстановку благожелательности, которая привлекала ученых Москвы, Новосибирска, Ленинграда, Тюмени, Томска. Работая заведующим кафедрой, он впервые на факультете создал своего рода совместное предприятие с нефтяной организацией, которая финансировало научно-исследовательские работы и командировки студентов на семинары и совещания. За период его заведования кафедрой было выпущено 240 горных инженеров – геологов, нефтяников. Работая в администрации, он продемонстрировал значимость работ с недрами региона, что привело к созданию целого департамента, а затем и должности заместителя губернатора по этому направлению.

Всю свою профессиональную деятельность он связывал с проблемами воспроизводства запасов нефти и газа. Особенно выдающихся результатов он достиг, работая в АО «ТОМКО». Под его руководством была создана инновационная технология, квантово-оптической фильтрации космоснимков. Она позволяет в любой точке мира, не зная геологию региона и пород содержащих нефть и газ выявлять границы месторождений. Эта технология

полностью меняет парадигму поиска месторождений нефти и газа. Базируясь на данных этой технологии, в Томской области выявлены границы десятков месторождений на землях, которые большинством геологов считаются бесперспективными. Возвращаясь к идеям Губкина и на анализе месторождений Аппалачского нефтегазоносного месторождения им предлагается начать поиски месторождений нефти и газа в Кемеровской области на базе новой парадигмы поиска. Технология, созданная Валерием Николаевичем вызывает чувство гордости у нашего научного сообщества. Желаем ему опираясь на свою технологию найти нефть в Кемеровской области, на бесперспективных землях Томской области и на юге Красноярского края, и конечно, здоровья.

Редакция журнала, коллеги, ученики и друзья от всей души поздравляют Валерия Николаевича с юбилеем, желают ему доброго здоровья, дальнейших успехов в педагогической и научной деятельности.

***К 65-ЛЕТИЮ ЕВГЕНИЯ ВАЛЕНТИНОВИЧА
ПРОТОПОПОВА***



10 ноября 2022 года исполняется 65 лет доктору технических наук, профессору Сибирского государственного индустриального университета (СибГИУ) Протопопову Евгению Валентиновичу, Заслуженному работнику высшей школы Российской Федерации, Почетному металлургу, Почетному горняку, Почетному работнику высшего

профессионального образования Российской Федерации,

В 1980 году Евгений Валентинович Протопопов окончил Сибирский металлургический институт по специальности «Металлургия черных металлов» и начал свой трудовой путь на кафедре металлургии стали. После окончания аспирантуры в 1987 году защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук. В 1988 году ему присвоено ученое звание доцента. В 1991 году Евгений Валентинович возглавил работу кафедры металлургии стали, в 1995 году избран на должность декана металлургического факультета Сибирского государственного индустриального университета. В 1998 защитил докторскую диссертацию, в 2000 году ему присвоено ученое звание профессора. В 2010 г. Евгений Валентинович возглавил Институт металлургии и материаловедения СибГИУ, а с 2013 г. по август 2020 г. работал ректором СибГИУ после избрания коллективом дважды.

За время работы Евгений Валентинович внес большой вклад в развитие университета, внедрение инновационных образовательных технологий, повышение результативности прикладных и фундаментальных научных исследований, укрепление материально-технической базы, активизацию различных форм внеучебной деятельности студентов. По его инициативе реализован ряд передовых инфраструктурных изменений, обеспечивающих рост эффективности различных направлений деятельности университета.

Протопопов Е.В. успешно совмещает общественную, научную и педагогическую деятельность. Он является руководителем научной школы «Развитие теории и разработка ресурсо- и энергосберегающих технологий производства черных металлов с использованием техногенных отходов», одним из признанных в научном сообществе лидеров по вопросам теории и практики энергосберегающих технологий производства стали, технологических режимов продувки конвертерной плавки, оптимизации конструкции дутьевых устройств и повышения стойкости футеровки металлургических агрегатов. По данным направлениям под руководством Протопопова Е.В. выполнено 46 научно-исследовательских работ, большинство из которых внедрено в производство. Им решена актуальная проблема рационального использования природного сырья на различных предприятиях металлургической отрасли за счет переработки техногенных отходов в агрегатах конвертерного типа.

В центральных изданиях, трудах международных и всероссийских конференций им опубликовано более 650 научных работ, получены 42 авторских свидетельства и патента на изобретения. Евгений Валентинович является автором 18 монографий и учебных пособий с грифом «УМО» по направлению «Металлургия». Под его руководством защищено 10 кандидатских и 2 докторских диссертации.

Евгений Валентинович является заместителем главного редактора журнала «Известия вузов. Черная металлургия», председателем диссертационного совета Д212.252.01 при Сибирском государственном индустриальном университете, председателем Президиума Западно-Сибирского отделения Российской Академии естественных наук.

Е.В. Протопопов является соавтором трех научных открытий, зарегистрированных Международной академией авторов изобретений и открытий, действительным членом (академиком) РАЕН, Российской академии естествознания, Российской экологической академии. Его заслуги отмечены медалью «За служение Кузбассу», медалями ордена «За особый вклад в

развитие Кузбасса» I, II, III степени, различными отраслевыми наградами и наградами администрации Кемеровской области и г. Новокузнецка.

Свой юбилей Евгений Валентинович встречает в расцвете творческих сил. Его активная жизненная позиция, многолетняя творческая деятельность и тесные партнерские отношения с учеными и специалистами из разных уголков нашей страны позволили создать плеяду талантливых учеников, и единомышленников.

Коллеги, ученики и друзья от всей души поздравляют Евгения Валентиновича с юбилеем, желают ему доброго здоровья, дальнейших успехов в педагогической и научной деятельности.

ГРОМОВУ**ВИКТОРУ ЕВГЕНЬЕВИЧУ – 75 ЛЕТ**

26 ноября 2022 года исполняется 75 лет члену редакционной коллегии журнала Виктору Евгеньевичу Громову – известному в России и за рубежом металлофизику, Заслуженному деятелю науки РФ, Почетному металлургу РФ, члену Межгосударственного совета по физике прочности и пластичности материалов, члену Научного Совета РАН по физике конденсированных сред, доктору физико-математических наук, профессору, заведующему кафедрой естественнонаучных дисциплин им. профессора В.М. Финкеля Сибирского государственного индустриального университета. Виктор Евгеньевич Громов зарегистрирован в Федеральном реестре экспертов в научно-технической сфере Министерства науки и высшего образования и РАН, он – член редколлегий пяти журналов из списка ВАК.

Виктор Евгеньевич – высококвалифицированный специалист и по праву занимает ведущее место среди ученых России в области материаловедения, физики прочности и пластичности сталей и сплавов. На протяжении долгой научной деятельности его учителями и соратниками являлись и являются известные российские ученые-металлофизики и материаловеды В.Е. Панин, Л.Б. Зуев, Э.В. Козлов, А.М. Глезер, Ю.Ф. Иванов, М.Д. Старостенков.

Экспериментальные и теоретические исследования в области физики прочности и пластичности материалов в условиях внешних энергетических воздействий (электрических полей и токов, плазменных и электронных пучков), выполненные за 45 лет В.Е. Громовым и его учениками, получили широкую известность и признание в научных кругах и привели к созданию нового научного направления. Результаты исследований нашли применение как в академических, отраслевых и учебных институтах при изучении природы

формоизменения металлов и сплавов, так и на ряде предприятий металлургической промышленности и машиностроения при разработке соответствующих электротехнологий. Они внедрены со значительным экономическим эффектом на предприятиях Кузбасса.

За цикл работ по внедрению безкислотной технологии удаления окалины при производстве проволоки из малоуглеродистых и низколегированных сталей на предприятиях металлургической отрасли В.Е. Громов удостоен премии Правительства РФ в области науки и техники. В 2013 г. он стал лауреатом премии РАН имени академика И.П. Бардина. В последние годы научная школа «Прочность и пластичность материалов в условиях внешних энергетических воздействий», возглавляемая профессором В.Е. Громовым, плодотворно работает в области наноструктурного материаловедения по грантам РФФИ, РНФ и целевым программам Минобрнауки. За период работы в высшей школе Виктор Евгеньевич проявил качества талантливого педагога и организатора высшего образования. Он пользуется заслуженным уважением студентов и коллег, его лекции отличает сочетание высокого теоретического уровня с ясной формой изложения. Виктор Евгеньевич один из ведущих профессоров университета, “Лучший профессор Кузбасса 2003”, “Почетный профессор Кузбасса” 2015 г.

В.Е. Громов является соавтором трех научных открытий, зарегистрированных Международной академией авторов изобретений и открытий и Российской академией естественных наук. Его наукометрические показатели: индекс Хирша по РИНЦ – 37, по Scopus – 20, по Web of Science – 19. В 2020 году по оценкам издательства Elsevier, владельца базы Scopus, он вошел в число 2 % самых цитируемых ученых мира.

Виктор Евгеньевич воспитал целую плеяду талантливых научных сотрудников – 11 докторов и свыше 40 кандидатов наук, плодотворно работающих в высшей школе, на производстве, в бизнесе. Он автор более 3900 научных публикаций, в том числе 35 патентов и свыше 100 монографий, восемь из которых опубликованы в издательстве Cambridge International Science

Publication Ltd, Materials Research Forum, Springer, Taylor and Francis на английском языке.

Виктор Евгеньевич Громов – действительный член Международной академии энерго-информационных наук и Российской академии естественных наук. Его заслуги отмечены медалями «За служение Кузбассу», «За особый вклад в развитие Кузбасса» I, II и III степени, орденом Почета Кузбасса, другими наградами и грамотами администрации Кемеровской области.

Семидесятипятилетний юбилей Виктор Евгеньевич встречает в расцвете творческих сил.

Редакционная коллегия журнала, ученики и друзья сердечно поздравляют Виктора Евгеньевича с юбилеем и желают ему доброго здоровья, счастья и новых научных свершений.

РЕФЕРАТЫ

УДК 553.98

За нефтью Кузбасса с инновационной технологией / Ростовцев В.В., Липихина Е.Ю., Афанасьев А.М., Ростовцев В.Н., Лайнвебер В.В. // Вестник РАЕН (ЗСО). – 2021. -№24. – 3 С.

Современный анализ геологического строения территории Кемеровской области позволяет утверждать о её высоких перспективах нефтегазоносности. Поиски месторождений нефти и газа в этих районах надо искать инновационными технологиями. С помощью технологии квантово-оптической фильтрации космоснимков (КОФиКС) границы всех месторождений нефти и газа Кемеровской области будут выявлены в течение года. Рис. 3. Табл. 1. Библ. 8.

The modern analysis of the geological structure of the territory of the Kemerovo region allows us to assert high prospects for oil and gas potential. The search for oil and gas deposits in these areas must be sought with innovative technologies. Using the technology of quantum-optical filtering of space images (KOFiKS), the boundaries of all oil and gas fields in the Kemerovo region will be identified within a year. Fig.3. Table 1. Ref. 8.

УДК 553.982:553.98(571.51)

Новая парадигма поиска месторождений нефти и газа / Ростовцев В.В., Липихина Е.Ю., Ростовцев В.Н., Лайнвебер В.В. // Вестник РАЕН (ЗСО). – 2021. -№24. – 8 С.

История поисков нефти, связанная с выбором места заложения первой поисковой скважины, прошла длительный путь, который, в конечном счете, в основном, завершился поисками антиклинальных ловушек с помощью сейсмических методов. В целом эффективность такой технологии поиска месторождений в СССР составляла не более 40%. При этом огромное количество не связанных с антиклиналями залежей оставались не выявленными. Нефтяная промышленность страны требует принципиально новых подходов к выявлению границ прогнозируемых месторождений. Такая

технология была создана под руководством академиков РАЕН. Она основана на квантово-оптической фильтрации космоснимков. Практическая реализация этой технологии позволила предложить геологам нефтяникам новую парадигму поиска месторождений нефти и газа. Библ. 2.

The history of oil exploration associated with the choice of the location of the first search well has gone a long way, which, ultimately, mainly ended with the search for anticline traps using seismic methods. The efficiency of such a technology for prospecting deposits in the USSR as a whole was no more than 40%. At the same time, a huge number of deposits not associated with anticlines remained undetected.

The country's oil industry requires fundamentally new approaches to identifying the boundaries of the predicted deposits. This technology was created under the leadership of the academicians of the Russian Academy of Sciences. It is based on quantum optical filtering of satellite images. The practical implementation of this technology made it possible to offer oil geologists a new paradigm for the search for oil and gas deposits. Ref.2.

УДК 553.981

Пути реанимации нефтяной промышленности Томской области / Ростовцев В.В., Липихина Е.Ю., Ростовцев В.Н., Лайнвебер В.Н. // Вестник РАЕН (ЗСО) 2021. - № 24.- 15 С.

В статье рассматриваются реальные пути, выхода из кризиса нефтяной промышленности Томской области. Начиная с 2016 года, в регионе наметилась устойчивая тенденция падения уровня добычи нефти. Авторы, приведя реальные геологические факты, доказывают высокие перспективы нефтегазоносности востока Томской области и предлагают: базируясь на инновационной технологии квантово-оптической фильтрации космоснимков, (КОФиКС) опираясь на новую парадигму поиска начать широкомасштабные поиски нефти и газа на востоке и юго-востоке Томской области, на землях считающихся бесперспективными. Это позволит не только реанимировать

нефтяную промышленность региона, но и обеспечит динамичное её развитие.
Рис. 6. Библ. 8.

The article deals with the real ways out of the crisis of the oil industry of the Tomsk region. Since 2016, there has been a steady decline in oil production in the region. The authors, citing real geological facts, prove the high prospects of oil and gas potential in the east of the Tomsk region and suggest: based on the innovative technology of quantum-optical filtering of satellite images, (COFIX) based on a new search paradigm, to start a large-scale search for oil and gas in the east and south-east of the Tomsk region, on lands considered unpromising. This will not only revive the oil industry in the region, but also ensure its dynamic development. Fig. 6. Ref. 8.

УДК 553.982

Особенности физико-химических свойств трудноизвлекаемой нефти в арктике / Яценко И.Г., Полищук Ю.М. // Вестник РАЕН (ЗСО) 2021. - №24. - 28 С.

Статья посвящена исследованию физико-химических свойств трудноизвлекаемой нефти в различных зонах Арктики – Российской, Скандинавской и Северо-Американской. Исследования проведены на основе анализа информации из базы данных о свойствах нефтей, созданной в Институте химии нефти СО РАН. Показано, что нефти всех трех секторов Арктики отличаются относительно низким содержанием серы и смол по сравнению с нефтями неарктических территорий. Нефти Скандинавского сектора являются наиболее качественными – обладают средней плотностью, маловязкие, с наименьшим содержанием серы, асфальтенов и металлов, а нефти Российского сектора относятся к классу нефтей со средней плотностью и характеризуются высокой вязкостью при 20 °С и имеют повышенное содержание парафинов и нефтяного газа. Особое внимание уделено нефтям в Арктической зоне России. Установлено, что наиболее тяжелыми и вязкими являются нефти Европейской части по сравнению с нефтями Западной и Восточной Сибири. Статья может представлять интерес для специалистов и

компаний нефтегазового сектора, связанных с проектами освоения нефтяных месторождений в Арктике. Табл. 8. Библ. 15.

The article is devoted to the study of the physicochemical properties of hard-to-recover oil in various zones of the Arctic - Russian, Scandinavian and North American. The studies were carried out based on the analysis of information from the database on the properties of oils, created at the Institute of Petroleum Chemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. It is shown that the oils of all three sectors of the Arctic are characterized by a relatively low content of sulfur and resins compared to the oils of the non-Arctic territories. The oils of the Scandinavian sector are of the highest quality - they have an average density, low viscosity, with the lowest content of sulfur, asphaltenes and metals, while the oils of the Russian sector belong to the class of oils with an average density and are characterized by high viscosity and have a high content of paraffins and petroleum gas. Particular attention is paid to oils in the Arctic zone of Russia. It has been established that the oils of the European part are the heaviest and most viscous compared to the oils of Western and Eastern Siberia. The article may be of interest to specialists and companies in the oil and gas sector associated with oilfield development projects in the Arctic. Tabl. 8. Ref. 15.

УДК 532.584622.333

Аллея геологов в Томске. Истоки / Пшеничкина А.Я., Домаренко В.А. // Вестник РАЕН (ЗСО) 2021. - № 24.- 42 С.

В 2023 году исполняется 160 лет со дня рождения Великого геолога Владимира Афанасьевича Обручева, основателя Томской горно-геологической школы, давшей миру тысячи первопроходцев, создавших минерально-сырьевую базу СССР, основу его могущества и национальной безопасности. К столетию выпуска первых горняков и геологов в Сибири и 90-летию создания Сибгеолкома в ТПУ проведено грандиозное мероприятие – Международный горногеологический форум с участием стран ближнего и дальнего зарубежья. В память орудознатцах – первопроходцах заложена первая в Море аллея

геологов. В этом кратком очерке отображены основные вехи её создания. Рис. 7. Библ. 2.

The year 2023 marks the 160th anniversary of the birth of the Great geologist Vladimir Afanasyevich Obruchev, the founder of the Tomsk Mining and Geological School, who gave the world thousands of pioneers who created the mineral resource base of the USSR, the basis of its power and national security For the centenary of the release of the first miners and geologists in Siberia and the 90th anniversary of the creation of the Sibgeolcom, a grandiose event was held at TPU - an international mining and geological forum with the participation of the countries of the near and far abroad. The world's first avenue of geologists has been laid in memory of the pioneers. This brief outline shows the main milestones of its creation. Fig. 7. Ref. 2.

УДК 622.831

Численная оценка влияния геотектонического поля напряжений в геомассиве на геомеханические параметры подземных выработок /Фрянов В.Н., Павлова Л.Д. // Вестник РАЕН (ЗСО) 2021. - № 24.- 49 С.

Изложена методика прогноза напряжённо-деформированного состояния массива горных в окрестности подземных горных выработок по результатам численного моделирования. По результатам анализа микросейсмических событий выявлено направление вектора максимальных горизонтальных напряжений в пределах Кузнецкого угольного бассейна. Проведена численная оценка влияния коэффициента бокового давления в нетронутым массиве на устойчивость горных пород в окрестности одиночной пластовой выработки угольной шахты. Обоснованы количественные зависимости геомеханических параметров от величины горизонтальных напряжений. Рис. 3. Табл. 1. Библ. 20.

The method of forecasting the stress-strain state of the mountain massif in the vicinity of underground mining workings based on the results of numerical modeling is described. The results of the analysis of microseismic events revealed the direction of the vector of maximum horizontal stresses within the Kuznetsk coal basin. The numerical evaluation of the influence of the lateral pressure coefficient in an intact

massif on the stability of rocks in the vicinity of a single formation of a coal mine was carried out. The quantitative dependences of geomechanical parameters on the magnitude of horizontal stresses are substantiated. Fig. 3. Tabl. 1. Ref. 20.

УДК 553

Парадоксы природного ядерного реактора окло / Домаренко В.А. // Вестник РАЕН (ЗСО) 2021. - № 24.- 59 С.

УДК 532.529.5:532.54

К вопросу разрушения устойчивых водонефтяных эмульсий под действием электромагнитного поля / Е.Э. Очиров, С.Н. Харламов // Вестник РАЕН (ЗСО). – 2021. -№24. – 65 С.

Представлены сведения критического теоретического и экспериментального анализа современных данных об эффективности деструкции эмульсий в условиях влияния неоднородного электромагнитного поля произвольной интенсивности, а также выявлены особенности по построению математических моделей к прогнозу пространственных процессов распределения фаз при такой обработке. Установлено, что компоненты эмульсий, являющиеся стабилизирующими агентами для резервирования оболочек и способствующие повышению их прочности, больше всего подвергаются воздействию магнитного поля. Это способствует диффузионности в мелкомасштабных процессах переноса массы, нелинейности эффектов в смеси и формированию значительных структурных преобразований в нефтяных системах. Рис. 4. Библ. 22.

Information on critical theoretical and experimental analysis of modern data on emulsion destruction efficiency under conditions of influence of non-uniform electromagnetic field of arbitrary intensity is presented, as well as features on construction of mathematical models to prediction of spatial processes of phase distribution during such processing are revealed. It has been found that the components of emulsions, which are stabilizing agents for reserving shells and

contribute to increasing their strength, are most exposed to the magnetic field. It contributes to diffusion in small-scale mass transfer processes, nonlinearity of effects in the mixture and the formation of significant structural transformations in petroleum systems. Fig. 4. Ref. 22.

УДК 669.11

Перемешивание расплава при продувке инертным газом в агрегатах ковш-печь / Протопопов Е.В., Думова Л.В., Темлянцев М.В., Запольская Е.М. // Вестник РАЕН (ЗСО) 2021. - № 24.- 76 С.

В работе рассмотрены методы оценки эффективности перемешивания расплава на установках ковш-печь. Получены данные влияния расхода инертного газа на изменение мощности перемешивания расплава. Представлены зависимости определения коэффициентов эффективной диффузии от расхода инертного газа. Определены значения размеров всплывающих пузырей при барботировании металла инертным газом на установках ковш-печь. Рис. 2. Библ. 8.

The paper considers methods for evaluating the efficiency of melt mixing at ladle-furnace installations. Data on the effect of the inert gas flow rate on the change in the mixing power of the melt are obtained. The dependences of the determination of the effective diffusion coefficients on the inert gas flow rate are presented. The values of the sizes of pop-up bubbles during bubbling of metal with inert gas at ladle-furnace installations are determined. Fig. 2. Ref. 8.

УДК 621.771.65

Исследование влияния температурных режимов прокатки мелющих шаров из отбраковки рельсовой стали на их ударную стойкость / Уманский А.А., Юрьев А.Б., Симачев А.С., Думова Л.В. // Вестник РАЕН (ЗСО) 2021. - № 24. - 84 С.

УДК 669.187.012.7

Оптимизация состава металлозавалки при выплавке Рельсовой электростали с целью повышения технико-экономических показателей ее производства / Протопопов Е.В., Л.В. Думова // Вестник РАЕН (ЗСО) 2021. - № 24.- 93 С.

УДК 669.187

Физико-химические исследования процессов восстановления щелочноземельных металлов из шлаковых расплавов / Якушевич Н. Ф., Протопопов Е. В., Темлянцев М. В. // Вестник РАЕН (ЗСО) 2021. - №24. - 102 С.

На основе диаграмм состояния двухкомпонентных силикатных систем $\text{SrO} - \text{SiO}_2$, $\text{BaO} - \text{SiO}_2$, $\text{CaO} - \text{SiO}_2$ определены активности компонентов в инвариантных (эвтектических и монотектических) точках рассматриваемых систем. Процессы кристаллизации в инвариантных эвтектических точках l_1 и l_2 рассматриваются как химические реакции $ж_{e_1}(K\text{SiO}_2(\text{ж}) + l\text{MeO}(\text{ж})) \rightarrow C\text{SiO}_2(\text{тв}) + \alpha(\text{MeO} \cdot \text{SiO}_2(\text{тв})), ж_{e_2}(m\text{SiO}_2(\text{ж}) + n\text{MeO}(\text{ж})) \rightarrow (\text{MeO} \cdot \text{SiO}_2)(\text{тв}) + b(2\text{MeO} \cdot \text{SiO}_2)(\text{тв})$, для которых определяются значения ΔG_T° и константы равновесия. При заданных температурах и известных значениях активностей компонентов в равновесных с шлаком металлических расплавах определены значения a_{MeO} в шлаках. В гомогенных шлаковых расплавах активности оксидов щелочноземельных металлов (ЩЗМ) определялись из констант равновесных реакций восстановления этих металлов из шлаков кремнием железокремниевых металлических расплавов. В области гомогенных шлаковых расплавов построены зависимости $a_{\text{SiO}_2} = f(x_{(\text{SiO}_2)})$ при температурах 1600 и 1700 °С, а при использовании данных по активностям ЩЗМ (Sr, Ba, Ca) в металлических высококремнистых расплавах определены зависимости $lga_{(\text{SrO})} = f(x_{(\text{SiO}_2)}, x_{(\text{Si})})$ при 1493 °С и $lga_{(\text{BaO})} = f(x_{(\text{SiO}_2)}, x_{(\text{Si})})$ при 1450 °С. На трехпараметрической диаграмме в координатах $a_{[\text{Si}]} - a_{(\text{SiO}_2)} - a_{(\text{MeO})}$ (для щелочноземельных металлов) построены зависимости

$a_{(SrO)} = f(a_{[Si]}, a_{(SiO_2)})$ при 1493 °C и $a_{(BaO)} = f(a_{[Si]}, a_{(SiO_2)})$ при 1450 °C. Показано, что низкие равновесные значения $a_{(SrO)}$ и $a_{(BaO)}$, $lga_{SrO} = f(a_{(SiO_2)}, a_{[Si]}) \leq (-4)$ и $lga_{BaO} = f(a_{(SiO_2)}, a_{[Si]}) \leq (-3)$, могут достигаться при равновесных значениях активности кремния в металлических расплавах $a_{[Si]} > 0,5$ при восстановлении стронция и $a_{[Si]} > 0,7$ при восстановлении бария. Рис. 4. Табл. 2. Библ. 29.

Based on the state diagrams of two-component silicate systems SrO – SiO₂, BaO – SiO₂, CaO - SiO₂, the activity of components in invariant (eutectic and monotectic) points of the systems under consideration is determined. Crystallization processes at invariant eutectic points 11 and 12 are considered as chemical reactions $ж_{e_1}(KSiO_2(ж) + lMeO(ж)) \rightarrow cSiO_2(ТВ) + \alpha(MeO \cdot SiO_2(ТВ))$, $ж_{e_2}(mSiO_2(ж) + nMeO(ж)) \rightarrow (MeO \cdot SiO_2)(ТВ) + b(2MeO \cdot SiO_2)(ТВ)$, for which the values of ΔG_T° and the equilibrium constants are determined. At given temperatures and known values of the component activities in metal melts in equilibrium with slag, the values of a_{MeO} in the slags are determined. In homogeneous slag melts, the activity of alkali-earth metal oxides (SCHZM) was determined from the constants of equilibrium reactions of reduction of these metals from slags by silicon of iron-silicon metal melts. In homogeneous slag melts, the activity of alkali-earth metal oxides (SCHZM) was determined from the constants of equilibrium reactions of reduction of these metals from slags by silicon of iron-silicon metal melts. In the field of homogeneous slag melts, dependences are constructed $a_{SiO_2} = f(x_{(SiO_2)})$ at temperatures of 1600 and 1700 °C, and when using data on the activities of SCHZM (Sr, Ba, Ca) in metallic high-silicon melts, the dependences are determined $lga_{(SrO)} = f(x_{(SiO_2)}, x_{(Si)})$ at 1493 °C and $lga_{(BaO)} = f(x_{(SiO_2)}, x_{(Si)})$ at 1450 °C. On a three-parameter diagram in coordinates $a_{[Si]} - a_{(SiO_2)} - a_{(MeO)}$ (for alkaline earth metals) dependencies are constructed (for alkaline earth metals) dependencies are constructed $a_{(SrO)} = f(a_{[Si]}, a_{(SiO_2)})$ at 1493 °C and $a_{(BaO)} = f(a_{[Si]}, a_{(SiO_2)})$ at 1450 °C. It is shown that low equilibrium values $a_{(SrO)}$ and $a_{(BaO)}$, $lga_{SrO} =$

$f(a_{(\text{SiO}_2)}, a_{[\text{Si}]}) \leq (-4)$ and $lga_{\text{BaO}} = f(a_{(\text{SiO}_2)}, a_{[\text{Si}]}) \leq (-3)$, they can be achieved at equilibrium values of silicon activity in metal melts $a_{[\text{Si}]} > 0.5$ with strontium reduction and $a_{[\text{Si}]} > 0.7$ with barium reduction. Fig. 7. Ref. 6.

УДК 669.1

Исследование влияния алюминия на коррозионную стойкость чугунов при эксплуатации в среде анодных газов электролизеров экосодерберг / Пинаев Е.А., Темлянцев М.В., Протопопов Е.В., Большаков Д.Г., Темлянцева Е.Н., Симачев А.С. // Вестник РАЕН (ЗСО) 2021. - № 24. - 116 С.

УДК 616

Что изменилось в клинической диагностике сепсиса: комментарии к новым международным рекомендациям SSC 2021 по лечению сепсиса и септического шока / Агаджанян В. В., Устьянцева И. М., Агаларян А.Х. // Вестник РАЕН (ЗСО) 2021. - № 24. - 122 С.

В статье представлены новые аспекты клинико-лабораторной диагностики в международных рекомендациях SSC 2021 по лечению взрослых пациентов с сепсисом или септическим шоком в условиях больницы. Проведено сравнение международных диагностических критериев сепсиса и органной дисфункции, начиная с рекомендаций ACCP/SCCM 1992 г. до обновленных рекомендаций по лечению сепсиса и септического шока SSC 2021 г. Рис. 1. Табл. 1. Библ. 65.

Приведены опубликованные ранее результаты исследований авторов статьи по сочетанию определения в крови уровня лактата, ЛПС-СП, аполипопротеинов А1 и В, индекса ApoA1/ApoB, СРБ, ПКТ, расширенных параметров воспаления статуса активации различных популяций лейкоцитов для диагностики сепсиса, оценки тяжести состояния и эффективности лечения.

Целесообразно было бы подготовить методические рекомендации по ранней диагностике сепсиса для здравоохранения РФ с учетом лучших отечественных практик.

The article presents new aspects of clinical and laboratory diagnostics in the international guidelines SSC 2021 for the treatment of adult patients with sepsis or septic shock in a hospital setting. The international diagnostic criteria for sepsis and organ dysfunction were compared from the 1992 ACCP/SCCM guidelines to the updated 2021 SSC guidelines for the treatment of sepsis and septic shock.

Previously published results of studies by the authors of the article on the combination of blood levels of lactate, LPS-SP, apolipoproteins A1 and B, ApoA1/ApoB index, CRP, PCT, advanced parameters of inflammation of the activation status of various leukocyte populations for diagnosing sepsis, and assessing the severity of the condition and effectiveness are presented.

It would be advisable to prepare methodological recommendations for the early diagnosis of sepsis for the healthcare of the Russian Federation, taking into account the best domestic practices. Fig. 1. Tabl.1. Ref. 65.

УДК 614

Организация медицинской помощи при политравме. Проект клинических рекомендаций / Агаджанян В.В., Агаларян А.Х. // Вестник РАЕН (ЗСО) 2021. - № 24. - 146 С.

Представлена оценка всех имеющиеся в настоящее время данных по организации медицинской помощи при множественной и сочетанной травме для разработки, принятия согласованных Российских национальных Рекомендаций по диагностике и лечению пострадавших с политравмой, а также внедрения в клиническую практику ключевых междисциплинарных подходов к организации оказания медицинской помощи на до- и госпитальных этапах, а также принципов эффективной ранней диагностики, лечения и профилактики осложнений у больных с политравмой.

An assessment of all currently available data on the organization of medical care for multiple and combined trauma is presented for the development, adoption of agreed Russian national Recommendations for the diagnosis and treatment of victims with polytrauma, as well as the introduction into clinical practice of key

interdisciplinary approaches to the organization of medical care at the pre- and hospital stages, as well as the principles of effective early diagnosis, treatment and prevention of complications in patients with polytrauma.

УДК 614

Факторы, оказывающие влияние на летальность пациентов с политравмой / Агаджанян В.В., Агаларян А.Х. // Вестник РАЕН (ЗСО) 2021. - № 24. - 148 С.

В настоящее время организация лечения пациентов с политравмами в различных медицинских учреждениях имеет много отличий и остается во многом дискуссионной. Наиболее показательны результаты успешного лечения пациентов с политравмами в медицинских учреждениях при наличии хорошо организованной единой системы оказания специализированной медицинской помощи. Целью данного исследования явилось выявление особенностей лечения и факторов, оказывающих влияние на летальность у пациентов с политравмой.

Currently, the organization of treatment of patients with polytrauma in various medical institutions has many differences and remains largely debatable. The most significant results of successful treatment of patients with polytrauma in medical institutions in the presence of a well-organized unified system of specialized medical care. The purpose of this study was to identify the features of treatment and factors influencing mortality in patients with polytrauma.

УДК 004.9+902.1+930.1+303.05

Развитие амбиентной среды города как основы его возрождения / Серенков Ю.С., Благиных Е.А., Шимлина И.В., Хомичева В.Е. // Вестник РАЕН (ЗСО) 2021. - № 24. - 151 С.

В статье предложен междисциплинарный подход к решению проблемы перспективности отдельных городов Сибирского региона. На культурологическом материале, с привлечением исследований в области архитектуры, анализируются причины утраты городом Новокузнецком его

былого репрезентативного облика. Среди факторов, способствовавших потере городом статуса удобного, комфортного места для проживания, выделяются, наряду с экономической и экологической составляющей, атмосфера города, создаваемая, в том числе, архитектурным ландшафтом. Несмотря на то, что городская архитектура до сих пор обладает несомненной привлекательностью на фоне ближайших городов, и Новокузнецк имеет свое лицо, все же некоторые важные в культурно- историческом смысле следы на сегодняшний день утеряны. Так в статье сделан экскурс в культурно-историческое прошлое южной столицы Кузбасса, позволяющий сделать вывод о его достойном культурном потенциале, который может стать основой возрождения былой славы и наметить перспективы дальнейшего развития. На материале исследований в области архитектуры и педагогики обосновывается возможность погружения в архитектурную атмосферу утраченных памятников архитектуры с целью развития амбиентной среды города и предлагается комплексная модель такой реставрации средствами современных технологий. Предлагаемая авторами статьи концепция виртуальной архитектуры интересна с точки зрения ее вклада не только в краеведение, но и как один из привлекательных, актуальных и понятных для современной молодежи способов погружения в историю и современную жизнь своего города, культурно-просветительского досуга. Исследование, в целом, намечает развитие одного из актуальных на сегодняшний день мультидисциплинарных научных направлений на стыке педагогики, культурологии и архитектуры, способствующих решению целого ряда как теоретических, так и прикладных задач. Рис. 1. Библ. 18.

The article proposes an interdisciplinary approach to solving the problem of the prospects of individual cities of the Siberian region. On the basis of culturological material, with the involvement of research in the field of architecture, the reasons for the loss of the city of Novokuznetsk of its former representative appearance are analyzed. Among the factors that contributed to the city's loss of the status of a convenient, comfortable place to live, there are, along with the economic and

environmental component, the atmosphere of the city, created, among other things, by the architectural landscape. Despite the fact that urban architecture still has an undoubted appeal against the background of nearby cities, and Novokuznetsk has its own face, still some important traces in the cultural and historical sense have been lost today. Thus, the article makes an excursion into the cultural and historical past of the southern capital of Kuzbass, which allows us to conclude about its worthy cultural potential, which can become the basis for the revival of its former glory and outline the prospects for further. Fig. 1. Ref. 18.

УДК 130.2:378.4

Историко-культурные основания многообразия моделей трансформации университета / Иванова Н.А. // Вестник РАЕН (ЗСО) 2021. - № 24. - 167 С.

В условиях социальной модернизации и инновационного развития производство знания приобретает рутинный характер, научно-исследовательская деятельность превращается в крупнейшую отрасль экономики и происходит переход к непрерывному и всеобщему образованию – образованию через всю жизнь и для всех. Библ. 4.

In the conditions of social modernization and innovative development, the production of knowledge becomes routine, research activity turns into the largest branch of the economy and there is a transition to continuous and universal education - education through life and for everyone. Ref. 4.

Научное издание

ВЕСТНИК
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК
ЗАПАДНО–СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

Выпуск 24, 2021 г.

В авторской редакции

Подписано в печать 14.10.2022 г. Формат бумаги 60×84 1/8. Бумага писчая.

Печать офсетная. Усл. печ.л. 11. Уч.–изд.л. 12,4. Тираж 300 экз. Заказ № 261

Отпечатано в Издательском центре
Сибирского государственного индустриального университета