

8.0 мол.% SrNdCuS₃, T=1055 К (Ln = Nd); 7.5 мол.% SrGdCuS₃, T=1073 К (Ln = Gd); 11.0 мол.% SrErCuS₃, T=1090 К (Ln = Er). Эвтектика образована игольчатыми кристаллами длиной 40–80 мк соединения SrLnCuS₃ и более овальными кристаллами 5–15 мк фазы Cu₂S. На основе Cu₂S образуется ограниченный твердый раствор, протяженность которого при температурах эвтектик составляет 2 мол.% SrLnCuS₃.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бамбуров В. Г., Андреев О. В. Простые и сложные сульфиды щелочноземельных и редкоземельных элементов // Журн. неорганической химии. 2002. Т. 47, № 4, С. 676–683.
2. Andreev, O. V., Zaharov, A. A., Mitroshin, O. Y. and Sekeren, S. S. Computer Modeling and Experimental Plotting of the Phase Diagram of the SrS–Y₂S₃ System. Proceedings of the 6th International School-Conference «Phase Diagrams in Materials Science» PDMS VI - 2001, October 14-20, 2001, Kiev, Ukraine / Tamara Ya. Velikanova (Ed.) – Stuttgart, Materials Science International Services, GmbH, 2004. P. 182–186.
3. Andreev, O. V., Miodushevsky, P. V., Serlenga, R., Parsurov, N. N. Phase Equilibria in the BaS – Ln₂S₃ System. Journal of Phase Equilibria and Diffusion Vol. 26. № 2. 2005. P. 109–114.
4. Коротков А. С., Христов Н. А., Андреев О. В. Карты структурных типов соединений MLn₂S₄ // Журн. неорганической химии. 2005. Т. 50, № 1. С. 1–6.
5. Андреев О. В., Котомин Л. Л., Захаров А. А., Оленников Е. А. Редактор трансформации диаграмм состояния в ряду систем = Edstate T–1.0. Программа зарегистрирована 7 февраля 2003, государственный номер учета 0320300103.

Александр Борисович ШАБАРОВ —
заведующий кафедрой механики
многофазных систем,
доктор технических наук, профессор,
заслуженный деятель науки РФ

Анатолий Александрович КИСЛИЦЫН —
декан физического факультета,
доктор физико-математических наук,
профессор

УДК 536.2+532.5+621.1

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕПЛОФИЗИКИ И МЕХАНИКИ МНОГОФАЗНЫХ СИСТЕМ.

АННОТАЦИЯ. Рассмотрены особенности теплофизических процессов в природных и технических системах на территории Западной Сибири. Отмечена роль тюменских теплофизиков и механиков в решении проблем нефтегазового комплекса. Выявлены взаимосвязи при рациональной организации исследований, разработок и технологических нововведений.

The authors tackle regional aspects of thermal physics, both as a part of general scientific problems and a part of specific issues, caused by West Siberian and Circumpolar environment, especially by resource, scientific and technological factors.

Региональные проблемы теплофизики являются частью общенаучных проблем. Вместе с тем есть вопросы, специфические для условий Западной Сибири и Севера. Тюменская область, ее ресурсная и связанная с ней научно-технологическая база неслучайно вызывает интерес у многих исследователей и предпринимателей в России и за рубежом.

Особенность, уникальность нашего региона, как известно, связана с большими запасами нефти и газа, причем значительная часть этих запасов сосредоточена на Севере. Западная Сибирь обладает огромным потенциалом топливно-энергетических ресурсов. Здесь разведано 80% залежей природного газа и свыше 60% залежей нефти Российской Федерации. В Тюменской области открыто свыше 500 месторождений нефти и газа. Свыше 93% всего объема добываемого в стране газа и практически весь его транспорт обеспечивает РАО «Газпром», доля которого в общей мировой добыче превышает 20%. Уровень добычи газа к 2010 г. может достигнуть уровня 750 млрд м³ в год за счет разработки Западно-Таркосалинского, Заполярного, Ямсовейского, Бованенковского и др. месторождений, а также за счет реконструкции существующих промыслов на основе новых методов и технологий. В России добывается более 300 млн тонн нефти и газового конденсата. На территории области действуют крупные нефтяные компании «ЛУКОЙЛ — Западная Сибирь», «Сургутнефтегаз», «Тюменская нефтяная компания — ВР», «Юганскнефтегаз» и др.

В Западной Сибири создана сеть магистральных нефтепроводов, способная перекачивать более 400 млн т. нефти в год. Построено 34 магистральных трубопровода диаметром от 530 до 1220 мм. Протяженность нефтепроводов АК «Транснефть» составляет 48,1 тыс. км, суммарная вместимость резервуарных парков — 13759 тыс. м³, число насосных станций — 458, число насосных агрегатов 1993. В Тюменской области в 1995 г. протяженность нефтепроводов в однниточном исполнении составила 10,59 тыс. км, количество нефтеперекачивающих станций — 83, количество насосных агрегатов — 407, грузооборот — 251488 млрд т.х км. Общая протяженность магистральных газопроводов России составляет 145 тыс. км, на которых имеется 236 компрессорных станций с 4900 установками мощностью 36 тыс. МВт. Планируется сооружение новых газопроводов с месторождений, расположенных на полуострове Ямал.

В Тюменской области создана мощная тепло- и электроэнергетика, построены крупнейшие электростанции на газе в Сургуте, Нижневартовске и т. д. Особых подходов требуют теплотехнические особенности строительства и жилищно-коммунального хозяйства на севере области с его суровыми климатическими условиями.

Для такого огромного региона, как Тюменская область с ее природными богатствами, безусловным приоритетом в начале XXI в. является развитие новых информационных технологий. Достаточно упомянуть, что только в энциклопедии «Югра», подготовленной по проекту Тюменского госуниверситета, системно описано свыше 300 нефтяных месторождений.

И еще один приоритет — высшее образование. Тюменские вузы готовят теплофизиков, энергетиков, специалистов для нефтегазового комплекса, для строительного комплекса и других отраслей.

На кафедре механики многофазных систем более десяти лет работает межотраслевой научный и методологический семинар «Теплофизика, теплотехника, гидрогазодинамика», на котором обсудили постановку своих исследований и основные результаты 9 тюменских ученых, защитивших в последние годы докторские диссертации. Тематика семинара — это теплофизические, гидрогазодинамические и теплотехнические проблемы в энергетике, нефтегазовом комплексе, строительстве и ЖКХ, в информационных технологиях и высшей школе. Именно в этих отраслях, составляющих экономический базис территории, сконцентрирована значительная часть научных интересов тюменской школы теплофизиков.

Фактически на базе кафедры механики многофазных систем Тюменского государственного университета создан виртуальный научно-исследовательский институт проблем теплофизики и механики многофазных систем, где координируется работа свыше 100 молодых ученых, кандидатов и докторов наук, выпускается научная продукция, разрабатываются и реализуются инновационные проекты, готовится научная смена. Только преподавателями кафедры в сотрудничестве с участниками

семинара за пять лет опубликовано свыше 300 научных работ по актуальным проблемам теплофизики и механики многофазных систем.

Важным условием научно-технологического развития региона является наличие научных школ. В конце девяностых годов прошлого и в начале нынешнего столетия на кафедре механики многофазных систем сформировалась и развивается новая научная школа. Эта школа вобрала в себя три крупные научные направления. Первое — «Вариационно-параметрические методы в технических и природных системах» — основано А. Б. Шабаровым в МГТУ им. Н. Э. Баумана и реализуется в региональных условиях Тюменской области. Это направление развивает идеи ведущих российских ученых прошлого века Н. Е. Жуковского и В. В. Уварова применительно к современным потребностям науки и практики. Второе направление — «Методы механики многофазных систем при добыче, транспорте и хранении углеводородного сырья». Теоретические основы этого направления заложены академиками Х. А. Рахматуллиным и Р. И. Нигматулиным, создавшими первую в мире кафедру механики многофазных систем. По этому направлению в последние годы на кафедре нами получен ряд новых крупных результатов в области физико-математического моделирования процессов в нефтегазовых технологиях. И третье направление — «Экспериментальная теплофизика углеводородных сред» возникло в недрах физического факультета и развивается под руководством А. Б. Шабарова сотрудниками кафедры — выпускниками МГУ им. М. В. Ломоносова профессором, д. ф.-м. н. А. А. Кислицыным, доцентами, к. ф.-м. н. Л. П. Семихиной, В. И. Семихиным, А. В. Ширшовой, а также выпускниками физического факультета ТюмГУ — профессором, д. т. н. Вакулиным и другими.

Минувший 2003 и 2004-й год для тюменских ученых был ознаменован целым рядом значительных событий в научной, научно-организационной, образовательной и инновационной сферах. Была разработана стратегия инновационной деятельности в Тюменской области на период до 2010 года. Этому документу предшествовала работа по обоснованию региональной инновационной системы и разработка научно-обоснованной стратегии экономического развития территории. Нами выявлены десять приоритетных направлений инновационной стратегии, включая:

- стимулирование региональных компаний к использованию инноваций;
- поддержка создания и становления малых инновационных предприятий;
- привлечение инвестиций преимущественно в высокотехнологичную сферу;
- создание региональной инновационной инфраструктуры;
- повышение уровня инновационной культуры;
- привлечение в регион новых наукоемких производств;
- формирование кластеров высокотехнологичных предприятий по ведущим для региона научно-технологическим, образовательным и производственным направлениям;
- обоснование необходимости создания и формирование в г. Тюмени крупного научно-технологического комплекса федерального значения по проблемам нефтегазового комплекса;
- создание полигона новых нефтегазовых и других технологий;
- формирование технопарковой территории в г. Тюмени.

Одной из безусловных точек роста для Тюмени является становление города как центра новых нефтегазовых и связанных с ними технологий. Естественно, проблемы теплофизики и гидрогазодинамики являются ключевыми научными проблемами нефтегазового комплекса. Классический университет имеет в этой области свою естественную нишу, связанную с вопросами физико-математического моделирования, экспериментального исследования физических процессов, с инновационной деятельностью.

Развитие информатизации на основе компьютерных методов моделирования теплофизических процессов, а также укрепление базы экспериментальных исследований дополняет имеющиеся конкурентные преимущества Тюмени как центра нефтегазовой науки и технологий:

- наличие кадров высшей квалификации, участвующих в освоении месторождений нефти и газа;
- высокая концентрация научных подразделений крупных нефтяных компаний «Сургутнефтегаз», «ЛУКОЙЛ», «ТНК-ВР» и других;
- оживление и активизация работы проектных институтов нефтегазовой отрасли;
- укрепление позиций производственных предприятий города на рынках нефтегазового оборудования;
- значительное количество успешно действующих эксплуатационных организаций нефтегазового комплекса и интегрированных с ними предприятий энергетики, строительства, транспорта, ЖКХ и др. на территории Тюменской области и автономных округов,;
- укрепление и динамичное развитие вузовского научно-образовательного и инновационного комплекса.

По существу, складываются объективные предпосылки превращения Тюмени в крупный российский центр науки, образования и инноваций в нефтегазовых и смежных с ними отраслях. Нашему научному сообществу необходимо осознать масштабность и значимость наметившихся тенденций; найти возможности создания современной экспериментальной базы; выйти в группу регионов-лидеров инновационной сферы; начать конкурентную борьбу на российском и международном рынках компьютерных программных и информационных комплексов и подготовить новое поколение ученых — теплофизиков, геологов, геофизиков, геохимиков, энергетиков, механиков, строителей, специалистов ЖКХ и т. д.

В 2004 году мы положили начало тюменской школе молодых ученых по проблемам теплофизики, гидрогазодинамики, теплотехники. Именно на лекциях крупных ученых (лекторами первой школы были профессора А. Б. Шабаров, В. И. Гуров, В. Н. Антипьев, Ю. С. Даниэлян, А. А. Вакулин, В. Н. Кутрунов и др.), при обсуждении результатов исследований молодых докторантов, кандидатов наук, аспирантов, талантливых студентов, в научных дискуссиях происходит передача традиций науки новому поколению. Происходит становление самобытных российских ученых, что и является целью школ-семинаров. При этом мы опираемся на опыт таких школ-семинаров, как школа по теплофизике под руководством академика РАН А. И. Леонтьева в Москве.

Кратко перечислим важнейшие региональные проблемы теплофизики и механики многофазных систем, по которым в г. Тюмени в Тюменском госуниверситете получены наиболее значимые результаты.

В числе первых по актуальности стоит проблема создания и исследования нового поколения газотурбинных (ГТУ), парогазовых (ПГУ) и газопаротурбинных (ГПТУ) установок. Хотя это мировая проблема, но для Тюменской области это особенно важно как из-за масштабов производства, так и наличия ресурсов углеводородного сырья. Как известно, КПД традиционных и широко распространенных в энергетике паротурбинных установок практически достиг своего предела. Только 42–43% энергии сжигаемого в котлах топлива превращается в электрическую энергию. Вместе с тем в научных исследованиях и разработках (в том числе наших), а также на действующих установках показано, что расход топлива может быть снижен на 20–25%, а КПД повышен до 0,5–0,52. Эффект такого повышения в масштабах страны измеряется миллиардами долларов. Это осуществлено в парогазовых установках. Один такой блок создается в настоящее время на ТЭЦ-1 в г. Тюмени. Следует отметить, что приоритетным направлением является схема ПГУ со сбросом газа из ГТУ в паровой котел. Эту схему обосновал и продвигал для проектирования и производства в 60-е годы прошлого века заслуженный деятель науки и техники РФ, профессор МВТУ им. Н. Э. Баумана В. В. Уваров, который своим научным и инженерным

предвидением на половину столетия опередил свое время. Сегодня эти работы востребованы практикой.

Вторая ключевая проблема — создание и исследование автономных энергетических установок относительно малой мощности на нетрадиционных источниках энергии (вторичные древесные и растительные ресурсы, попутный нефтяной газ, торф и др.). В наших работах показано, что достаточно 2–3% территории Тюменской области, чтобы, организовав рациональное лесопользование, за счет вторичных ресурсов обеспечить возобновляемым топливом (твердым, газообразным, жидким или их сочетанием) электроэнергетику для нужд всех потребителей областей, за исключением нефтегазового комплекса, который обеспечивается собственными ресурсами.

Третья проблема — энергосбережение. В Сибири, с ее бескрайними просторами и сложными климатическими условиями эта проблема имеет особую важность. Проблема комплексная. Она изучается и решается применительно к процессам и стадиям выработки, передачи и потребления энергии. Некоторые аспекты этой проблемы отражены в работах, выполненных совместно с сотрудниками управления электроэнергетики ХМАО.

Отметим также важнейшие теплофизические и гидродинамические проблемы нефтегазового комплекса в технологической цепочке: разведка — разработка — добыча — транспорт и хранение нефти и газа. Важнейшей тематикой, которой занимаются многие организации Тюмени и далеко за ее пределами, является физико-математическое моделирование движения нефтеводогазовых сред в пластах, что дает возможность более обоснованно оценивать запасы нефти и газа и создает новую научную основу для оптимизации разработки месторождений. В Тюменском госуниверситете предложен и обоснован прямой вариационный метод определения пространственного поля нефтегазонасыщенности, который решает проблему оценки запасов углеводородного сырья и создает основу для рациональной разработки залежей.

Следующее направление — это развитие физико-математических методов моделирования гидродинамических и тепловых процессов в пластах и скважинах при добыче нефти, газа, газоконденсата и на этой основе разработка методов и технологий повышения нефте- и газоотдачи пласта. Отметим здесь, в частности, проблему стабилизации добычи газа на некогда гигантских месторождениях при низких пластовых давлениях. Безусловно, необходимо учитывать социально-экономические требования по темпам извлечения нефти и газа не только в ближайшие годы, но и в дальнейшем. К научным достижениям может быть отнесен созданный в 2000–2004 гг. вариационный метод определения пространственного поля гидропроводности и фазовых проницаемостей, позволяющий обоснованно прогнозировать динамику истощения запасов залежи при различных сценариях разработки.

К важнейшим проблемам нефтегазового комплекса относится моделирование и повышение экономичности транспорта нефти, газа, газоконденсата в трубопроводных системах. К ним относится создание моделей и новых отечественных компьютерных программ на основе разработанных нами в последние годы квазиодномерных физико-математических моделей многофазных сред, учитывающих нестационарность, тепломассообмен, энергообмен, взаимное влияние фаз. Достигнуты некоторые успехи в моделировании систем «линейная часть газопровода — компрессорная станция» и «линейная часть нефтепровода — резервуарный парк — насосно-перекачивающая станция». Одна из наиболее актуальных проблем связана с тем, что значительная часть основного оборудования компрессорных станций в Западной Сибири выработала свой ресурс. Требуется исследование, разработка и внедрение нового поколения газотурбинных и газопаровых установок. Ряд таких установок, а именно газотурбинные установки усложненных схем, в частности, газопаровых исследованы специалистами Тюменского университета и их партнерами.

Среди актуальных теплофизических проблем строительного комплекса и ЖКХ региона выделим три, по которым в г. Тюмени получены наиболее весомые результаты. Первая — это исследование процессов в мерзлых грунтах применительно к задачам строительства на Севере, включая воздействие грунтового фактора на трубопроводы, дороги, здания и сооружения. Вторая — это разработка трехмерных нестационарных моделей тепловлажностного режима в современных ограждающих конструкциях и обеспечение комфортного микроклимата в помещениях. В этих задачах важно добиться приемлемой инженерной интерпретации моделей и результатов. И, наконец, третья, не в порядке важности, — это совершенствование систем измерения расходов и тепловых потерь при течениях многофазных и однофазных сред на основе новых «интеллектуальных приборов» — измерительно-вычислительных систем. Это направление развивается в новой лаборатории теплофизики госуниверситета.

В сфере создания новых информационных технологий выделим, как наиболее актуальные, следующие направления, в которых заметны усилия ученых нашей научной школы теплофизиков. Первое — это создание отдельных программных блоков и программно-компьютерных комплексов на основе создаваемых физико-математических моделей, применительно к решению задач энергетики, нефтегазового комплекса и ЖКХ. Второе — новые геоинформационные технологии, формирование баз и банков данных по свойствам геологических объектов, автоматизированное проектирование объектов с использованием баз данных по свойствам природных систем и баз данных по параметрам оборудования. И третье — это дифференциальная и интегро-дифференциальная диагностика в технических системах, таких как паротурбинные, газотурбинные и парогазовые установки, насосно-компрессорная техника и др. Этой тематикой ученые университета занимаются совместно с сотрудниками ООО «Сургутгазпром», ОАО «Тюменские моторостроители» и др.

На нашем семинаре традиционно рассматриваются проблемные вопросы преподавания теплофизики, гидрогазодинамики, теплотехники в высшей школе. На основе достижений метрологии, развития интеллектуальных измерительных систем в Тюмени создаются и внедряются в учебный процесс учебно-научные автоматизированные стенды по теплофизике, гидродинамике, теплотехнике и смежным дисциплинам. Только в лаборатории теплофизики госуниверситета за последние три года создано пять новых теплофизических стендов. Эти разработки имеют несомненный экспортный потенциал. На семинарах происходит обмен опытом преподавания дисциплин теплофизического цикла между профессорами и преподавателями классического университета, нефтегазового университета и других технических вузов. На примере академической кафедры механики многофазных систем изучается и отрабатывается на практике интеграция возможностей вуза, института РАН и отраслевых предприятий при выполнении исследований и подготовке специалистов - физиков и теплофизиков для региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шабаров А. Б. Физико-математические модели квазиодномерного движения углеводородных сред в трубопроводных системах (В кн. : Технология и параметрическая диагностика в трубопроводных системах.) Тюмень: Изд-во «Вектор Бук». 2002. 432 с.
2. Вакулин А. А., Шабаров А. Б. Диагностика теплофизических параметров в нефтегазовых технологиях. Новосибирск: Наука. 1998. 249 с.
3. Антипьев В. Н., Шабаров А. Б. и др. Эксплуатация магистральных газопроводов. Тюмень: Изд-во «Вектор Бук». 2002. 528 с.
4. Шабаров А. Б., Шевцов А. В. Стратегии, модели и механизмы инновационной сферы региона. Тюмень: Изд-во «Вектор Бук». 2004. 50 с.
5. Теплофизика, гидрогазодинамика, теплотехника. Вып. 1. Под научн. ред. А. Б. Шабарова. Тюмень: Изд-во ТюмГУ. 2002. 196 с.

6. Шабаров А. Б., Перевозчиков С. И., Сальников С. Ю. Модель и метод расчета периодически квазитрехмерного потока в межлопастных каналах рабочих колес центробежных насосов. // Нефть и газ, 2004. № 4. С. 72-78.
7. Шабаров А. Б., Семихина Л. П., Матаев А. С. Естественная конвекция жидкостей. Тюмень: Изд-во «Вектор Бук», 2004. 43 с.
8. Степанов С. В., Шабаров А. Б. Численное исследование распределения нефти и оценка ее запасов в неоднородных пластах // Математическое моделирование. Т. 15, №9. 2004. С. 88-98.
9. Шабаров А. Б., Шевцов А. В. Проблемы и методы развития инновационной сферы. М.: Инион РАН, 2004. 58 с.
10. Бахмат Г. В., Шабаров А. Б. и др. Транспорт и хранение нефти и газа. Санкт-Петербург: Недра. 2004. 544 с.

**Андрей Владимирович СОРОМОТИН —
директор НИИ экологии и рационального
использования природных ресурсов ТюмГУ,
кандидат биологических наук, доцент**

УДК 502.1:504.61:553.982.2

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

АННОТАЦИЯ. В статье обсуждаются основные виды техногенного воздействия при нефтегазодобыче на окружающую среду на всех этапах освоения месторождений. Приводятся результаты экспедиционных исследований на месторождениях Западной Сибири, позволяющие оценить виды и масштабы негативных экологических последствий.

The author surveys main types of man-caused impact upon environment at every stage of oil and gas exploitation and provides the results of dispatch research in the West Siberian deposits that allow defining types and scope of negative ecological consequences.

Нефть является основным источником энергии и сырья для современной цивилизации. Единственным экономически оправданным способом получения нефтепродуктов является разработка природных месторождений. Вместе с тем процессы и масштабы добычи, подготовки, транспортировки и переработки углеводородного сырья по негативной экологической значимости стоят в одном ряду с объектами химической и горнодобывающей промышленности. В России более половины всей нефти добывается на территории Западной Сибири, а если точнее — в Ханты-Мансийском АО. Являясь основным нефтегазодобывающим регионом страны с полувековой историей освоения, Западная Сибирь испытывает на себе весь комплекс экологических проблем и их последствий.

Период техногенного воздействия на природные комплексы региона при нефтегазодобыче можно разделить на пять основных этапов, качественно и количественно отличающихся друг от друга: сейсмологическая разведка, геологоразведочное бурение, обустройство месторождения, эксплуатация месторождения и транспорт нефти к местам переработки, послеексплуатационный период. Следует отметить, что уникальной чертой рассматриваемого региона в настоящее время является временное сосуществование всех этих этапов. Такая ситуация обусловлена, с одной стороны, продолжающейся геологической и сейсмологической разведкой, а с другой — поэтапным освоением разведанных ранее месторождений и продуктивных пластов, вовлечение в эксплуатацию забалансных месторождений. Нередко ликвидирован-