

# ПАМЯТИ ЕВГЕНИЯ ЕФИМОВИЧА ГОРОДЕЦКОГО



**(1941 –2015)**

Осенью 2015 года российская и мировая наука потеряла талантливого ученого, педагога, организатора науки – Евгения Ефимовича Городецкого. Он был нашим коллегой и близким другом. Мы работали вместе и тесно общались в течение многих десятилетий и не можем не откликнуться на эту тяжелую утрату. Его жизнь является ярким примером бескорыстного служения науке, достойным подражания молодыми людьми, мечтающими о научной карьере.

Е.Е. Городецкий – видный представитель российской термодинамической школы, сформировавшейся в конце 60-х годов во Всесоюзном научно-исследовательском институте физико-технических и радиотехнических измерений (ВНИ-ИФТРИ) Госстандарта СССР и получившей дальнейшее развитие в Московском институте нефтехимической и газовой промышленности (МИНХ и ГП) имени И.М. Губкина, а затем в Институте проблем нефти и газа (ИПНГ) РАН и в Отделении физико-химических свойств Национального института стандартов и технологий США (NIST) и Горной школе Колорадо (Colorado School of Mines).

Е.Е. Городецкий внес заметный вклад в современную теорию фазовых превращений и критических явлений в жидкостях и жидких смесях. В мировой науке имя Е.Е. Городецкого связано с формулировкой концепции изоморфизма критических явлений в бинарных и многокомпонентных жидких смесях.

Евгений Ефимович Городецкий родился 22 сентября 1941 года в городе Красно-уфимске

Свердловской области, куда его семья была эвакуирована из Москвы ввиду угрозы захвата города приближающимися немецкими войсками. Его отец – Ефим Наумович Городецкий, лауреат Сталинской премии, и мать – Полина Вениаминовна Гурович были известными советскими учеными, историками Октябрьской революции и Гражданской войны. В 1944 году семья Городецких вернулась в Москву. После окончания в 1959 году средней школы Евгений поступил на физический факультет Горьковского университета, который окончил в 1964 году по специальности «диэлектрики и полупроводники», после чего был распределен во ВНИИФТРИ (пос. Менделеево Московской обл.), аналогичный по значению и задачам Национальному институту стандартов и технологий США.

В 1965 году Е.Е. Городецкий был зачислен в штат лаборатории фазовых переходов (отдел №40) ВНИИФТРИ, входившей в состав отделения «Низкотемпературная термометрия и теплофизика (НИО-2)» и созданной известными учеными – экспериментатором А.В. Воронелем и теоретиком М.Ш. Гитерманом. В это время научным руководителем ВНИИФТРИ был выдающийся советский ученый академик С.А. Христианович, а начальником теоретического сектора – Л.М. Пятигорский, один из авторов первого тома «Механика» всемирно известного «Курса теоретической физики» Л.Д. Ландау. В Институте располагалась базовая кафедра физико-технических измерений МФТИ, которую возглавлял известный теплофизик член-корреспондент АН СССР (впоследствии академик) И.И. Новиков. Научный семинар лаборатории фазовых переходов имел статус общемосковского, в нем принимали участие ведущие физики из Москвы С.А. Леонтович, Н.Г. Басов, А.М. Прохоров, А.И. Ларкин, И.Л. Фабелинский и другие.

С этой лабораторией связана научная судьба Е.Е. Городецкого, прошедшего путь от аспиранта до руководителя лаборатории фазовых переходов и критических явлений ИПНГ РАН. Лабораторию отличала особая творческая атмосфера, в поддержании и развитии которой Е.Е. Городецкий играл важную роль. Это было связано с его высоким профессиональным уровнем и широтой научных интересов, выходящих далеко за рамки решаемых физических проблем. Благодаря Евгению Ефимовичу, обладавшему такими качествами, как чуткость, внимательность, отзывчивость к окружающим людям, серьезное отношение как к решению научных задач, так и к жизненным проблемам близких (и не очень близких) людей, в коллективе сложились по-настоящему теплые, дружеские взаимоотношения. Творческие устремления сотрудников поддерживало активное участие теоретической группы Е.Е. Городецкого и его учеников В.С. Есипова, А.Т. Берестова, В.М. Запрудского и др. в постановке экспериментальных работ и осмыслении их результатов.

В 1970 году на диссертационном совете ВНИИФТРИ Е.Е. Городецкий защитил кандидатскую диссертацию на тему «Особенности кинетических коэффициентов вблизи точек фазовых переходов второго рода» (специальность «молекулярная физика и термодинамика»), за которую ему была присуждена ученая степень кандидата физико-математических наук.

В период работы во ВНИИФТРИ Е.Е. Городецкий внес заметный вклад в развитие физики фазовых переходов и критических явлений в жидкостях и жидких смесях. В конце шестидесятых годов вместе с М.Ш. Гитерманом он объяснил расходимость теплопроводности в критической точке жидкость – пар независимо от аналогичных результатов, полученных приблизительно в то же время (1968–1970) в США. Это поразительное явление было экспериментально обнаружено в 1962 году в лаборатории Ван-дер-Ваальса в Голландии одним из нас (Яном Сенгерсом), но в течение нескольких лет оставалось совершенно непонятым. Чуть позже Гитерман и Городецкий распространили свою теорию на динамические критические явления в бинарных жидкостях.

В 1971 году, снова независимо от исследований, проводимых на Западе, Е.Е. Городецкий вместе с А.В. Воронелем и одним из нас (М.А. Анисимовым) распространили концепцию универсальности критических явлений в чистых веществах на бинарные жидкие смеси. Формулировка такого обобщения, которая в дальнейшем получила название «изоморфизм критических явлений», оказалась чрезвычайно плодотворной и привела к глубокому осмыслению природы аномального поведения термодинамических свойств жидких смесей в окрестности линии критических точек жидкость – пар, не говоря уже об огромном числе публикаций в ведущих мировых научных журналах, посвященных дальнейшему развитию этой концепции.

В начале 80-х годов Е.Е. Городецкий совместно с сотрудниками лаборатории фазовых переходов ВНИИФТРИ был выполнен цикл теоретических и экспериментальных исследований релеевского рассеяния света в жидкостях и стеклах. Эта работа привела к значительному прогрессу в понимании их оптических свойств. В частности, было показано, что с экспериментальной точностью абсолютная величина и симметричные свойства (угловые и поляризационные зависимости) релеевского рассеяния света в жидкостях и стеклах определяются их термодинамическими (и кинетическими для стекол) свойствами. В этот же период было выполнено исследование динамики критических флуктуаций ориентации вблизи температуры фазового перехода изотропная жидкость – нематик в ультразвуковом эксперименте. Совместно с В.М. Запрудским были выполнены теоретические работы по

исследованию критического поведения в системах с взаимодействующими параметрами порядка, ренорм-групповому анализу трикритической точки и фазового перехода изотропная жидкость – нематик в жидких кристаллах.

В 1981 году Е.Е. Городецкий перешел на научную и преподавательскую работу на кафедру физики в Институт нефтехимической и газовой промышленности (в настоящее время РГУ нефти и газа (НИУ)) имени И.М. Губкина, которую незадолго до этого возглавил М.А. Анисимов и куда вслед за ним уже перешли многие бывшие сотрудники лаборатории фазовых переходов ВНИИФТРИ. Здесь в течение трех десятилетий Е.Е. Городецкий читал лекционный курс «Фазовые переходы и критические явления», под впечатлением которого многие студенты факультета разработки нефтяных и газовых месторождений МИНХ и ГП выбрали карьеру ученого-исследователя. В 80-е годы Е.Е. Городецкий сотрудничает с журналом «Квант», активно занимаясь популяризацией научных знаний среди школьников и студентов.

Перейдя в МИНХ и ГП имени И.М. Губкина, Е.Е. Городецкий обращается к изучению фазовых переходов в жидких кристаллах. В работе в рамках теории слабой кристаллизации Ландау показано, что уменьшение размерности пространственной решетки жидких кристаллов и, как следствие, само их существование, обеспечиваются способностью составляющих их молекул к достаточно сильному одноосному ориентационному упорядочению. В работе, ставшей одной из наиболее известных работ Е.Е. Городецкого с коллегами, экспериментально доказано существование в жидких кристаллах эффекта изменения рода фазового перехода, сопровождаемого экранировкой безмассового (калибровочного) поля. Указанный эффект был предсказан в 1974 году американскими учеными Гальпериным, Любенским для сверхпроводников и жидких кристаллов. Однако, как заметил Е.Е. Городецкий с одним из нас (В.Э. Поднеком), лишь в жидких кристаллах в окрестности трикритической точки Де Жена на линии фазовых переходов нематик – смектик А указанный эффект становится наблюдаемым и доступным экспериментальному изучению.

С октября 1988 года, продолжая читать лекции на кафедре физики в МИНГ имени И.М. Губкина, Е.Е. Городецкий переходит в Отдел физических проблем в незадолго до этого созданный Институт проблем нефти и газа АН СССР и ГКНО СССР, где участвует в работе по теме «Исследование теоретических моделей фазовых переходов в многокомпонентных системах». Здесь он собирает вокруг себя теоретическую группу из шести человек, двое из которых – молодые кандидаты физико-математических наук. В это время основное направление работы группы Городецкого связано с исследованием коллоидных систем,

построением теории мицеллярных растворов и эмульсий, анализом механизма критической точки Лифшица в жидких кристаллах.

В начале 90-х годов Е.Е. Городецкий активно занимается общественной деятельностью, является депутатом Дзержинского районного Совета народных депутатов г. Москвы. Однако и в это время он находит время для педагогической и научной работы.

С 1994 года Е.Е. Городецкий сотрудничает с научной группой профессора Яна Сенгерса из Института физических наук и технологий Мэрилендского университета в Колледж Парке (США). Несколько раз он посещал Мэриленд, а в 1999–2000 годах был приглашенным профессором-исследователем. Это сотрудничество привело к общей формулировке теории критических явлений в жидких смесях. Еще одним интересным совместным результатом пребывания Е.Е. Городецкого в Мэриленде явилась демонстрация того, что взаимодействие флуктуаций энтропии и концентрации в околокритической бинарной жидкой смеси может приводить к классическому аналогу квантового эффекта Ландау – Зинера «непересечения» связанных динамических мод.

Начиная с 1995 года и до своей внезапной смерти Е.Е. Городецкий был заведующим лабораторией фазовых переходов и критических явлений ИПНГ РАН и доцентом кафедры физики в РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина. В этот период Евгений Ефимович направляет усилия руководимой им лаборатории на решение практически важных задач, используя при этом высокий научный потенциал коллектива.

В 1995 году в работе было предсказано сингулярное поведение производной давления по температуре при постоянной плотности в бинарной смеси, отсутствующее в однокомпонентных системах. Позднее было показано, что в бинарных смесях сингулярности указанной производной и изохорной теплоемкости линейно связаны друг с другом. Экспериментальное подтверждение этого важного теоретического предсказания было получено позднее в работе.

Несмотря на то, что Е.Е. Городецкий был физиком-теоретиком, он глубоко ценил экспериментальные исследования и с интересом вникал в них. Прежде всего, это касалось традиционных для лаборатории калориметрических измерений. Кроме того, им были инициированы исследования кинетики агрегации асфальтенов методом динамического рассеяния света. В настоящее время разработка новых высокотехнологичных оптических

методов исследования коллоидных свойств модельных и природных нефтей является одним из наиболее успешных направлений деятельности его лаборатории.

В 1999 году в работе была установлена природа аномальной устойчивости наноразмерных слоистых свободно-подвешенных смектических пленок и механизм их последовательного спонтанного утоньшения при нагревании выше температуры объемного плавления. Полученные результаты пролили свет на причину удивительной устойчивости т.н. черных углеводородных пленок.

В начале двухтысячных годов, в связи с выполнением НИР по договору с компанией «Шлюмберже» (Schlumberger Oilfield Services), Е.Е. Городецкий возвращается к проблеме фазового поведения многокомпонентных углеводородных смесей, в частности к изучению аномальных термодинамических свойств в окрестности их критических точек жидкость – пар. При этом его глубоко беспокоит, что идея изоморфизма критических явлений продолжает находиться в ранге гипотезы. В это время относительно подавляющего большинства экспериментальных результатов можно было утверждать только то, что они не противоречат гипотезе изоморфизма. Трудность ее прямой проверки была связана со сложным характером искажений критических аномалий различных термодинамических величин даже в простых бинарных растворах. Эта гипотеза получила блестящее экспериментальное подтверждение в результате постановки оригинального эксперимента, в ходе которого было впервые проведено прямое измерение изоморфной теплоемкости смеси метан – гептан, т.е. изохорной теплоемкости бинарной смеси при фиксированном значении химического потенциала тяжелой компоненты. Специфика системы метан – гептан позволила также впервые экспериментально изучить кроссовер от критического к трикритическому поведению в жидких смесях. В это же время в лаборатории начинаются экспериментальные и теоретические исследования влияния пористой среды на равновесные и кинетические свойства заполняющих ее флюидов.

Начиная с середины 2000-х в лаборатории активно развиваются экспериментальные и теоретические исследования фазового поведения модельных и природных углеводородных смесей в широкой окрестности критических точек жидкость – пар. Сочетание идеи изоморфизма и масштабной (скейлинговой) теории позволило сформулировать универсальное уравнение состояния многокомпонентных флюидов в околоскритической области и показать, что характер критических аномалий не зависит от числа компонент смеси и может служить надежным индикатором близости флюида к критической точке. Разработанный универсальный подход позволил с экспериментальной точностью описать полученные в лаборатории экспериментальные данные по аномальному поведению различных термодинамических

производных, интенсивности светорассеяния, фазовому поведению и т.п. в бинарной, тройной и многокомпонентной углеводородных смесях.

В этот же период большое внимание было уделено построению, в рамках ренорм-группового подхода, так называемого масштабного (скейлингового) кроссоверного уравнения состояния, позволяющего значительно расширить область термодинамического описания жидкостей и жидких смесей, т.е. фактически объединить в рамках одной теории узкую околоскритическую область сильно развитых тепловых флуктуаций термодинамических величин с далекой областью, где указанные флуктуации подавлены.

В последние годы под руководством Е.Е. Городецкого был разработан новый подход, позволивший адекватно описать сингулярное поведение производной  $(\partial P/\partial T)_{p,x}$  и изохорной теплоемкости в многокомпонентной смеси не только на критической изохоре, но и на изохорах, далеких от критической. Общая теория критических явлений в многокомпонентных жидких растворах и ее экспериментальная проверка представлены в работе. Проверка развитой теории методом статического рассеяния света была выполнена в работе. В работе показано, что температура и давление на пограничных кривых бинарных и многокомпонентных смесей являются в окрестности критической точки жидкость – пар неаналитическими функциями плотности. Этот факт позволил сформулировать и проверить простой алгоритм определения критических параметров смесей непосредственно из экспериментальных данных по их пограничным кривым.

С середины 2000-х в лаборатории проводились экспериментальные и теоретические исследования равновесных термодинамических свойств гидратов метана и углекислого газа в объеме и в пористой среде. Результаты определения равновесных свойств гидрата метана в кварцевом порошке микронных размеров представлены в работе. Процесс замещения метана в газовом гидрате углекислым газом экспериментально изучался методом адиабатической калориметрии в работах. Последняя работа Е.Е. Городецкого была посвящена изучению равновесных термодинамических свойств гидрата углекислого газа в пористой среде. Было экспериментально показано, что вблизи верхней квадрупольной точки поведение гидрата углекислого газа существенно модифицируется фактом капиллярной конденсации газа в пористой среде. Игнорирование этого факта приводит к кажущейся существенной температурной зависимости гидратного числа. В указанной работе была впервые измерена теплоемкость гидрата углекислого газа в области двухфазного равновесия гидрат – газ.

В 1998 году Е.Е. Городецкий был награжден медалью «В память 850-летия Москвы», а в 1999 году – Почетной грамотой в связи с 275-летием РАН. Единогласным решением Ученого совета ИПНГ РАН от 25 ноября 2015 года лаборатории фазовых переходов и критических явлений было присвоено имя Евгения Ефимовича Городецкого. Он остался с нами.

М.А. Анисимов, И.М. Абдулагатов, М.Ю. Беляков, В.И. Богоявленский,  
В.П. Воронов, Б.А. Григорьев, А.Н. Дмитриевский, А.М. Евтюшенков, А.И. Ермолаев, Ю.Ф.  
Кияченко, В.Д. Куликов, В.Б. Нагаев, В.Э. Поднек, Ян Сенгерс,  
И.К. Юдин, А.И. Черноуцан

## ИЗБРАННЫЕ НАУЧНЫЕ ТРУДЫ Е.Е. ГОРОДЕЦКОГО

### Конец 60-х годов

1. *Гитерман М.Ш., Городецкий Е.Е.* О поведении кинетических коэффициентов вблизи критической точки чистых жидкостей // ЖЭТФ, **56**, 635 (1969).
2. *Гитерман М.Ш., Городецкий Е.Е.* Кинетические явления вблизи критической точки бинарных смесей // ЖЭТФ, **57**, 637 (1969).

### 1970 – 1979 гг.

3. *Анисимов М.А., Воронель А.В., Городецкий Е.Е.* Изоморфизм критических явлений // ЖЭТФ, **60**, 1117 (1971).
4. *Анисимов М.А., Городецкий Е.Е., Кияченко Ю.Ф.* Влияние аномалии кинетических коэффициентов вблизи критической точки на скорость распространения высокочастотного звука // ЖЭТФ, **62**, 1944 (1972).
5. *Анисимов М.А., Городецкий Е.Е., Шмаков Н.Г.* Экспериментальная проверка гипотезы изоморфизма критических явлений // ЖЭТФ, **63**, 2165 (1972).
6. *Городецкий Е.Е., Микулинский М.А.* Фазовые переходы в двухкомпонентных системах // ЖЭТФ, **66**, 986 (1974).
7. *Берестов А.Т., Городецкий Е.Е., Запрудский В.М.* Природа сингулярности кривой сосуществования вблизи критической точки // Письма в ЖЭТФ, **21**, 56 (1975).
8. *Городецкий Е.Е., Запрудский В.М.* Фазовые переходы в системах с двумя параметрами порядка // ЖЭТФ, **69**, 1013 (1975).
9. *Городецкий Е.Е., Запрудский В.М.* Сингулярности термодинамических величин вблизи трикритических точек // ЖЭТФ, **72**, 2299 (1977).



10. *Городецкий Е.Е., Запрудский В.М.* Возможность перехода второго рода при жидкокристаллическом упорядочении // *ЖЭТФ*, **74**, 202 (1978).

**1980 – 1989 гг.**

11. *Анисимов М.А., Городецкий Е.Е., Запрудский В.М.* Фазовые переходы с взаимодействующими параметрами порядка // *УФН*, **133**, 103 (1981).

12. *Городецкий Е.Е., Евтюшенков А.М., Есинов В.С., Кияченко Ю.Ф.* Исследование интенсивности молекулярного рассеяния света в жидкостях // *ЖЭТФ*, **81**, 588 (1981).

13. *Анисимов М.А., Городецкий Е.Е., Евтюшенков А.М., Кияченко Ю.Ф.* Экспериментальная проверка формулы Эйнштейна для коэффициента молекулярного рассеяния света // *Оптика и спектроскопия*, **54**, 505 (1983).

14. *Анисимов М.А., Городецкий Е.Е., Поднек В.Э.* Влияние смектических флуктуаций на предпереходные явления в изотропной фазе нематического жидкого кристалла // *Письма в ЖЭТФ*, **37**, 352 (1983).

15. *Анисимов М.А., Воронов В.П., Гольденштейн А.С., Городецкий Е.Е., Кияченко Ю.Ф., Меркулов В.М.* Универсальность критической динамики нематических жидких кристаллов // *ЖЭТФ*, **87**, 1969 (1984).

16. *Городецкий Е.Е., Поднек В.Э.* Новая модель фазовых переходов в жидких кристаллах // *Кристаллография*, **29**, 1054 (1984).

17. *Городецкий Е.Е., Поднек В.Э.* Смектические флуктуации в приближении Орнштейна – Цернике // *Письма в ЖЭТФ*, **39**, 513 (1984).

18. *Городецкий Е.Е., Поднек В.Э.* Пространственная размерность решетки жидких кристаллов // *Письма в ЖЭТФ*, **41**, 244 (1985).

19. *Анисимов М.А., Воронов В.П., Городецкий Е.Е., Поднек В.Э., Холмуродов Ф.* Обнаружение эффекта Гальперина – Любенского – Ма в жидком кристалле // *Письма в ЖЭТФ*, **45**, 336 (1987).

20. *Городецкий Е.Е., Евтюшенков А.М., Кияченко Ю.Ф., Крюков А.В., Рытов С.М.* Релеевское рассеяние света в стеклах // *ЖЭТФ*, **92**, 1401 (1987).

21. *Gorodetskiĭ E.E., Podnek V.E.* Hartree version of the Lifshitz NAC point // *Phys. Lett. A*, **136**, 233 (1989).

22. *Anisimov M.A., Cladis P.E., Gorodetskiĭ E.E., Huse D.A., Podneks V.E., Taratuta V.G., van Saarloos W., Voronov V.P.* Experimental test of a fluctuation-induced first-order phase transition: The nematic-smectic-A transition // *Phys. Rev. A*, **41**, 6749 (1990).

1990 – 1999 гг.

23. *Anisimov M.A., Gorodetsky E.E., Davydov A.J., Kurliandsky A.S.*, A Novel Mesoscopic Model for Micellization and Formation of Liquid Crystalline Phases in Surfactant Solutions // *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, **221**, 71 (1992).
24. *Anisimov M.A., Gorodetsky E.E., Davydov A.J., Kurliandsky A.S.*, Interfacial tension of critical liquid mixtures in the presence of a surfactant // *Int J Thermophys.*, **13**, 921 (1992).
25. *Anisimov M.A., Gorodetsky E.E., Davydov A.J., Kurliandsky A.S.*, Landau model for self-assembly and liquid crystal formation in surfactant solutions // *Liquid Crystals*, **11**, 941 (1992).
26. *Anisimov M.A., Gorodetskii E.E., Kulikov V.D., Sengers J.V.* A joint description of vapor- liquid and consolute critical phenomena // *Письма в ЖЭТФ*, **60**, 522 (1994).
27. *Anisimov M.A., Gorodetskii E.E., Kulikov V.D., Povodyrev A.A., Sengers J.V.* A general isomorphism approach to thermodynamic and transport properties of binary fluid mixtures near critical points // *Physica A*, **220**, 227 (1995).
28. *Anisimov M.A., Gorodetskii E.E., Kulikov V.D., Sengers J.V.* Crossover between vapor-liquid and consolute critical phenomena // *Phys. Rev. E*, **51**, 1199 (1995).
29. *Городецкий Е.Е., Куликов В.Д., Федюнина Л.В., Анисимов М.А.* Изоморфное описание двухфазной области околокритических бинарных растворов // *ЖЭТФ*, **111**, 120 (1997).
30. *Anisimov M.A., Agayan V.A., Povodyrev A.A., Sengers J.V., Gorodetskii E.E.* Two exponential decay of dynamic light-scattering in near-critical fluid mixtures // *Phys. Rev. E*, **57**, 1946 (1998).
31. *Yudin I.K., Nikolaenko G.L., Gorodetskii E.E., Marhashov E.L., Agayan V.A., Anisimov M.A., Sengers J.V.* Crossover kinetics of asphaltenes aggregation in hydrocarbon solutions // *Physica A*, **251**, 235 (1998).
32. *Городецкий Е.Е., Пикина Е.С., Поднек В.Э.* Дискретное утоньшение свободноповешенных смектических пленок в модели де Жена "пре-смектической жидкости" // *ЖЭТФ*, **115**, 61 (1999).

2000 – 2009 гг.

33. *Воронов В.П., Городецкий Е.Е.* Прямая экспериментальная проверка гипотезы изоморфности критических явлений // *Письма в ЖЭТФ*, **72**, 740 (2000).
34. *Anisimov M.A., Gorodetskii E.E., Agayan V.A.* Scaling and crossover to tricriticality in polymer solutions // *Письма в ЖЭТФ*, **72**, 578 (2002).
35. *Воронов В.П., Городецкий Е.Е., Берестов А.Т.* Аномалия теплоемкости в окрестности

трикритической и верхних критических точек // ЖЭТФ, **124**, 105 (2003).

36. *Gorodetskii E.E., Voronov V.P.* Three-phase equilibrium and tricritical phenomena in the methane-pentane-heptane mixture // J. Physics: Condensed Matter, **26F**, 178 (2003).
37. *Hager J.S., Anisimov M.A., Gorodetskii E.E., Sengers J.V.* Scaling of demixing curves and crossover from critical to tricritical behavior on polymer solutions // J. Chem. Phys., **117**, 5940 (2003).
38. *Voronov V.P., Belyakov M.Yu., Gorodetskii E.E., Kulikov V.D., Muratov A.R., Nagaev V.B.* Phase behavior of methane-pentane mixture in bulk and in porous media // Transport in porous media, **52**, 123 (2003).
39. *Belyakov M.Yu., Gorodetskii E.E.* Universal crossover approach to equation of state for fluids // Int. J. Thermophys., **27**, 1387 (2006).
40. *Беляков М.Ю., Воронов В.П., Городецкий Е.Е., Куликов В.Д.* Аномалия термодинамических свойств смесей в окрестности критической точки жидкость – пар // Письма в ЖЭТФ, **86**, 22 (2007).
41. *Gorodetskii E.E., Voronov V.P., Safonov S.S.* Thermodynamic properties of methane hydrate in quartz powder // J. Phys. Chem., **111**, 11486 (2007).
42. *Беляков М.Ю., Воронов В.П., Городецкий Е.Е., Куликов В.Д.* Термодинамические свойства многокомпонентных смесей в окрестности критической точки жидкость – пар // Письма в ЖЭТФ, **88**, 351 (2008).
43. *Городецкий Е.Е., Воронов В.П., Муратов А.Р., Сафонов С.С.* Экспериментальное исследование процесса замещения метана в газовом гидрате углекислым газом // ДАН, **429**, 57 (2009).
44. *Belyakov M.Yu., Voronov V.P., Gorodetskii E.E., Kulikov V.D.* Phase behavior and anomalies of thermodynamic properties in a multi-component near-critical fluid mixture // Chem. Phys., **362**, 85 (2009).

#### 2010 – 2016 гг.

45. *Городецкий Е.Е., Дешабо В.А., Косов В.И., Курьяков В.Н., Юдин И.К., Юдин Д.И., Григорьев Б.А., Петрова Л.М.* Исследование устойчивости и кинетики агрегации тяжелых фракций в нефтях Урус-Тамакского месторождения // Вести газовой науки: сб. науч. ст. ВНИИГАЗ. 2010. №1(4). С. 240.
46. *Voronov V.P., Gorodetskii E.E., Muratov A.R.* Experimental study of methane replacement in gas hydrate by carbon dioxide // J. Phys. Chem. B, **114**, 12314 (2010).
47. *Воронов В.П., Городецкий Е.Е., Григорьев Б.А., Муратов А.Р.* Экспериментальное

- исследование процесса замещения метана в газовом гидрате диоксидом углерода // Вести газовой науки: сб. науч. ст. ВНИИГАЗ. 2011. № 2 (7). С. 235.
48. *Belyakov M.Yu., Gorodetskii E.E., Kulikov V.D., Kuryakov V.N., Yudin I.K.* Light-scattering anomaly in the vicinity of liquid-vapor critical point // *Chem. Phys.*, **379**, 123 (2011).
49. *Беляков М.Ю., Воронов В.П., Городецкий Е.Е., Григорьев Б.А., Дешабо В.А., Косов В.И., Куликов В.Д., Курьяков В.Н., Юдин И.К., Юдин Д.И.* Термодинамика многокомпонентных смесей в окрестности критической точки жидкость-пар // *ТВТ*, **50**, 514 (2012).
50. *Городецкий Е.Е., Куликов В. Д., Воронов В. П., Григорьев Б.А.* Скачки различных термодинамических производных на границе двухфазной области // Вести газовой науки: сб. науч. ст. ВНИИГАЗ. 2012. № 3 (11). С. 6.
51. *Городецкий Е.Е., Курьяков В.Н., Юдин И.К., Дешабо В.А., Косов В.И., Юдин Д.И.* Исследование устойчивости и кинетики агрегации тяжелых фракций в модельных системах и природных нефтях // *Георесурсы, геоэнергетика, геополитика. Электрон. научн. журнал.* 2012. 2(6). Режим доступа [http://oilgasjournal.ru/vol\\_6/gorodetsky.html](http://oilgasjournal.ru/vol_6/gorodetsky.html)
52. *Belyakov M.Yu., Gorodetskii E.E., Kulikov V.D., Muratov A.R., Voronov V.P., Grigoriev B.A., Volkov A.N.* Anomalous properties of dew-bubble curves in the vicinity of liquid-vapor critical point // *Fluid Phase Equilib.*, **358**, 91 (2013).
53. *Воронов В.П., Городецкий Е.Е., Муратов А.Р., Поднек В.Э.* Исследование замещения метана, содержащегося в гидрате, углекислым газом при циклическом добавлении углекислого газа и откачке газовой смеси, сосуществующей с гидратом // *Георесурсы, геоэнергетика, геополитика. Электрон. научн. журнал.* 2014. 1(9). Режим доступа [http://oilgasjournal.ru/vol\\_9/gorodetsky.html](http://oilgasjournal.ru/vol_9/gorodetsky.html)
54. *Воронов В.П., Городецкий Е.Е., Муратов А.Р., Поднек В.Э., Григорьев Б.А.* Равновесные свойства гидрата двуокиси углерода в пористых средах // Вести газовой науки: сб. науч. ст. ВНИИГАЗ. 2014. № 2 (18). С. 135.
55. *Anisimov M.A., Ganeeva Yu.M., Gorodetskii E.E., Dshabo V.A., Kosov V.I., Kuryakov V.N, Yudin D.I., Yudin I.K.* Effects of resins on aggregation and stability of asphaltenes // *Energy Fuels.*, **28**, 6200 (2014).
56. *Belyakov M.Yu., Gorodetskii E.E., Kulikov V.D., Voronov V.P., Grigoriev B.A.* Scaled equation of state for multi-component fluids // *Chem. Phys.*, **445**, 53 (2014).
57. *Voronov V.P., Gorodetskii E.E., Muratov A.R.*, Study of methane replacement in hydrates by carbon dioxide in a cyclic process // *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, **21**, 1107 (2014).
58. *Belyakov M.Yu., Gorodetskii E.E., Kulikov V.D., Voronov V.P., Grigoriev B.A.* Scaled equation of state and specific thermodynamic behavior of near-critical methane-pentane binary mixture //

Fluid Phase Equilib., **418**, 44 (2016).

59. Voronov V.P., Gorodetskii E.E., Podnek V.E., Grigoriev B.A. Properties of equilibrium carbon dioxide hydrate in porous medium // Chem. Phys., **476**, 61 (2016).

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ СТАТЬИ Е.Е. ГОРОДЕЦКОГО В  
ЖУРНАЛЕ «КВАНТ» (1985 – 1991 гг.)**

60. Городецкий Е., Есипов В. [Конвекция и самоорганизующиеся структуры](#) // Квант, №9, 1985, с. 8–13.
61. Городецкий Е. [Энергия электрического поля](#) // Квант, №5, 1986, с.21–23.
63. Городецкий Е. [О явлениях переноса](#) // Квант, №9, 1986, с. 27–29.
64. Городецкий Е. [Силы молекулярного взаимодействия](#) // Квант, №1, 1987, с. 31–34.
65. Городецкий Е. [Гармонические колебания и равновесие](#) // Квант, №9, 1987, с. 42–44.
66. Городецкий Е. [Закон всемирного тяготения](#) // Квант, №11, 1987, с. 36–38.
67. Городецкий Е., Липидес А. [Интерференция и интерферометры](#) // Квант, №1, 1988, с. 39–41.
68. Городецкий Е. [Закон сохранения энергии](#) // Квант, №5, 1988, с. 45–47.
69. Городецкий Е. [Абсолютная температура](#) // Квант, №9, 1988, с. 60–62.
70. Городецкий Е. [Основная задача кинематики](#) // Квант, №9, 1988, с. 58–60.
71. Городецкий Е. [Гармонические колебания](#) // Квант, №11, 1988, с. 64–68.
72. Городецкий Е. [Сколько бывает состояний у вещества?](#) // Квант, №1, 1989, с. 47–49.
73. Городецкий Е. [Дифракция света на круглом отверстии](#) // Квант, №11, 1989, с. 46–48.
74. Городецкий Е. [Симметрия и физические свойства кристаллов](#) // Квант, №11, 1989, с. 44–46.
75. Городецкий Е. [Идеальный газ – универсальная физическая модель](#) // Квант, №9, 1991, с. 33–36.

Текст составлен по материалам статьи [http://www.oilgasjournal.ru/issue\\_14/in-memori.html](http://www.oilgasjournal.ru/issue_14/in-memori.html)