

ПРАКТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Проекты инвестиций и переговорная сила в евроазиатской сети поставок газа

Хуберт Ф., Иконникова С.

Мы используем кооперативную теорию игр для анализа того, как архитектура системы трубопроводов влияет на структуру сил в цепочке поставок российского газа. Если при оценке учитываются только возможности контролировать потоки в существующей сети, то переговорная позиция транзитных стран сильна. Если же во внимание принимаются также и инвестиционные проекты по расширению системы трубопроводов, то Россия занимает доминантную позицию. Конкуренция между Украиной и Белоруссией имеет небольшое стратегическое значение по сравнению с возможностью для России получить прямой доступ (по морю) к потребителям. Эмпирические данные, полученные из транзитных и импортных соглашений, говорят о том, что вектор Шепли дает лучшее объяснение прибылям основных транзитных стран, чем ядро или нуклеолус.

1. Введение

1 января 2006 г. газовый монополист «Газпром» прекратил поставки газа в Украину, страну с 47-миллионным населением, три четверти газового потребления которой составляет российский импорт¹⁾. Это всколыхнуло волну озабоченности, и не столько в Украине, сколько в Западной Европе, которая получает четверть своего газа из России, и его большая часть поставляется через Украину. 2 января импортеры в Германии, Франции и Италии ощутили резкое падение поставок. Вечером того же дня «Газпром» под давлением западных партнеров обещал восполнить объем газа, чтобы компенсировать откачки из экспортной трубы, производимые Украиной. Таким образом, последствия действий предыдущих дней были, фактически, нейтрализованы²⁾.

¹⁾ Для простоты мы будем использовать названия стран, а не компаний, когда это может быть однозначно истолковано: так, мы будем говорить о России, а не о «Газпроме».

²⁾ Дополнительные детали событий, касающиеся январского кризиса, представлены в следующей части статьи, а также могут быть найдены в работе [31].

Авторы благодарны за комментарии, полученные от участников семинаров Университета им. Гумбольдта, Научного центра Берлина, ГУ ВШЭ и ЦЭФИРа в Москве, а также ежегодных встреч EEA и EARIE. Кроме того неоценимой была техническая информация о транспортировке газа, предоставленная инженерами компании «Wintershall».

Хуберт Ф. – Берлинский университет им. Гумбольдта.

Иконникова С. – Берлинский университет им. Гумбольдта.

Статья поступила в Редакцию в августе 2008 г.

Январские события показали, насколько сильна позиция транзитных стран в евроазиатской цепочке поставок газа. Владея большей частью газовых месторождений и основными трубопроводами, Россия стала центральным игроком после распада Советского Союза. Однако, чтобы достичь рынков Западной Европы, ей необходимо транспортировать газ через независимые государства: Украину, Белоруссию и Польшу. Каждая из стран контролирует только часть трубопровода, и чтобы организовать цепочку поставок, странам приходится кооперироваться. При этом, распределение прибылей от совместной деятельности вызывает продолжительные конфликты между участниками коалиций.

Мы используем кооперативную теорию игр, чтобы провести количественный анализ структуры сил в евроазиатской газовой сети. Взаимозависимости в цепочке поставок представлены как игра в форме характеристической функции. Характеристическая функция калибруется на основе информации об издержках различных трубопроводов, функции спроса и т.п. Решение игры определяет долю в общей прибыли, которую получает каждая страна. Эта доля может быть интерпретирована как переговорная сила данной страны или «индекс силы» (power index). Основное преимущество кооперативной теории игр состоит в том, что она позволяет вывести структуру сил эндогенно, исходя лишь из архитектуры сети. Полученный таким образом индекс силы отражает географию и разницу в затратах на транспортировку и не зависит от предположений о деталях процесса переговоров между игроками, последовательности ходов и т.п. Недостатком же является то, что не существует единственного, общепринятого решения для кооперативных игр. Данная статья делает акцент на векторе Шепли, хотя в качестве решений также рассматриваются ядро и нуклеолус.

Во время кризиса (как январское отключение) наблюдатели склонны фокусироваться на немедленных последствиях действий, таких как прекращение поставок. При таком близоруком взгляде сила игрока определяется возможностью контролировать существующие транспортные мощности. Положение вещей, однако, может измениться, если в рассмотрение будут приняты новые трубопроводы. Поэтому рациональный «дальнозоркий» игрок должен принимать во внимание все значимые варианты по расширению сети, чтобы получить полную оценку своей переговорной силы. Чем быстрее трубопровод может быть установлен и чем терпеливее игроки, тем большее значение имеет долгосрочная оценка. Анализ динамических аспектов инвестиций и контрактов лежит за пределами данной статьи (см. [10, 11]). Вместо этого мы, во-первых, рассмотрим два граничных случая: предельную близорукость и предельную дальнорукость, чтобы получить интервал для результатов, которые мы могли бы ожидать от динамического анализа. Оказывается, что временной горизонт особо важен при оценке структуры сил. В то время как Украина и Белоруссия оказываются достаточно сильными в краткосрочной перспективе, доминирование России становится подавляющим при долгосрочной оценке. Сравнивая два сценария, мы получаем возможность оценить стратегическую значимость различных проектов трубопроводов. Оказывается, что проекты трубопроводов, которые выглядят коммерчески незначительными, стратегически важны, а проекты, которые были созданы с целью изменить перевес сил, не имеют большого стратегического значения.

Далее от предельных случаев мы переходим к рассмотрению сбалансированного варианта игры. Вводя дополнительные предположения о дисконтировании и времени необходимого для строительства нового трубопровода, мы определяем «со-

ставную» игру. Решение этой игры попадает внутрь интервала, определенного предельными случаями, и, таким образом, дает вполне убедительные результаты. Полученные численные значения оказываются достаточно устойчивы к изменениям в параметрах спроса на газ, величины издержек и т.п. Структура сил интуитивно отражает архитектуру текущей сети трубопроводов и стоимость различных вариантов ее расширения.

Остается вопрос: как наши результаты соотносятся с результатами реальных торгов и переговоров и евроазиатской сети поставок? К сожалению, чтобы оценить распределение прибылей в реальности требуется определить исход игры в условных ситуациях, например, когда нет экспорта газа в Западную Европу. Поэтому, наши «эмпирические наблюдения» частью основаны на субъективных допущениях. С такой оговоркой мы используем данные о транзитных договоренностях и о ценах на газ, импортируемый транзитными странами, чтобы получить интервал значений долей для двух наиболее важных транзитных стран: Белоруссии и Украины. Результаты неожиданно близки к теоретическим предсказаниям, полученным на основе вектора Шепли. Так, распределение прибылей в евроазиатской газовой сети дает предварительное неэкспериментальное свидетельство предсказательной силы вектора Шепли. В то же время оказывается, что нуклеолус дает заниженную оценку силы обеих транзитных стран.

Данная статья – первая в серии работ, исследующих различные аспекты структуры сил в международных газовых взаимоотношениях с использованием кооперативной теории игр. Кооперативный подход – новое направление в прикладных исследованиях газотранспортных систем, где доминируют модели, основанные на некооперативной теории игр. Следуя [7], обычно предполагается, что производители газа имеют преимущество первого хода по отношению к транзитным странам или импортерам, которые и продают газ конечным потребителям (или устанавливают транзитные тарифы, как в [9]). При этом в контрактах, ограниченных линейными ценами, двойная наценка ведет к неэффективному использованию системы трубопроводов³⁾. Парсонс [21] анализирует стратегическое значение долгосрочных контрактов по поставкам газа иначе, предполагая что производитель устраивает аукцион для того, чтобы получить доход от покупателей с неизвестной резервной ценой. Он предполагает, что ни один из игроков не имеет предварительного стратегического преимущества и контракты могут быть полными (информация также является полной), включая цену и количество.

Данная статья может также быть отнесена к «case study» по прикладной теории игр. Приложения кооперативной теории игр включают расчет внутренних телефонных счетов [2], оплаты инфраструктуры водоснабжения [34], центральных услуг предприятий [36] и сетей банкоматов [6]. Обычно теория игр используется в нормативном смысле – для предписания распределения издержек. Заметное исключение представляет работа [16], где существующие наземные тарифы в Бирмин-

³⁾ Исторически евроазиатская транспортная система развивалась, основываясь на долгосрочных договоренностях, обычно варьирующихся от 15 до 25 лет. Так называемые «бери-или-плати» («take-or-pay») контракты регулируют цены и количество, чтобы обеспечить эффективное использование мощностей и устойчивый доход. С некоторой допустимой свободой объем, оговоренный в контракте, должен быть оплачен в независимости от того, используется он или нет [1]. С контрактами «цена – количество» проблемы двойной надбавки легко избежать.

гемском аэропорте сравниваются с теоретическими расчетами, основанными, среди прочего, на векторе Шепли и нуклеолусе.

Возможности приложения кооперативной теории игр жестко ограничены из-за практических трудностей, связанных с определением значений характеристической функции. Так, нам неизвестно о других использованиях кооперативной теории в прикладных исследованиях, посвященных взаимоотношению сил в сетях поставок. В результате имеющиеся данные об эмпирической значимости кооперативной теории игр основаны, по большей части, на лабораторных экспериментах. В своем обзоре Селтен [23] делает вывод, что ни одно из конкурирующих теоретических решений не может в полной степени объяснить экспериментальные результаты. В этом смысле евроазиатская газовая сеть предоставляет редкую возможность протестировать кооперативную теорию игр и сопоставить ее с неэкспериментальными наблюдениями.

2. Евроазиатская цепочка поставок природного газа

Система трубопроводов, идущая из районов вечной мерзлоты Сибири и степей Центральной Азии, простирающаяся до Западной России и далее до промышленных центров Западной Европы, обеспечивает доставку большей части газа, потребляемого в Европе. Основной костьяк газопровода, обозначенный на рис. 1 как «Южная система», был построен еще в советские времена. После распада СССР у России осталась единственная возможность поставлять газ в Западную Европу, а именно через три независимых государства: Словакию, Чехию и Украину. Беря пример с Запада и стремясь к интеграции с Европейским союзом, Словакия и Чехия приватизировали свои трубопроводы и продали их западным импортерам. В результате эти две страны установили стабильные коммерческие отношения с Россией по поставкам российского газа⁴⁾. Россия и Украина, наоборот, не смогли договориться о долгосрочном сотрудничестве по поставкам газа.

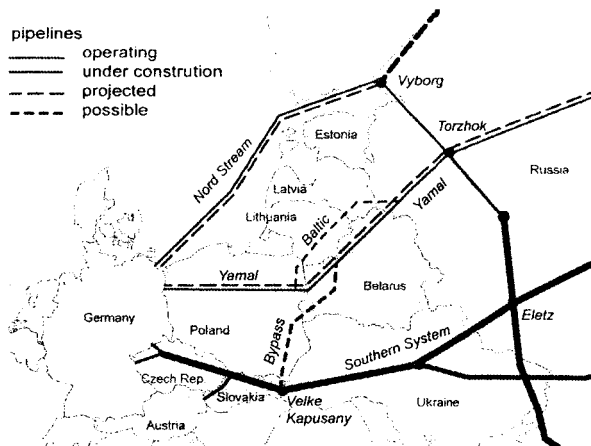


Рис. 1. Евроазиатская система трубопроводов

⁴⁾ Этому также способствовали соглашения на поставку больших партий газа по низким ценам, унаследованные еще со времен существования Чехословакии.

Конфликт на юге. В качестве оплаты за транзит Россия поставляет Украине около 25–30 млрд. куб. м газа в год. В 1990-е гг. платежи даже по более низким тарифам не осуществлялись полностью, и Россия неоднократно пыталась восстановить дисциплину в оплате, сокращая поставки газа. В то время как Россия требует погашения долга по европейским ценам, Украина готова платить лишь тарифы, соизмеримые с внутренней ценой российского газа, равной половине, а то и трети европейской цены. Хотя Украина никогда явно не срывала транзит газа, она откачивала газ из экспортного газопровода всякий раз, когда поставки российского газа не соответствовали потребностям украинской стороны. Тем временем вследствие износа компрессоров и недостаточного материально-технического обслуживания пропускная мощность системы постепенно снижалась⁵⁾.

В 2001 г. обе страны предприняли новую попытку установить нормы для своих газовых отношений: «Газпром» должен был поставлять 26–28 млрд. куб. м газа в год в качестве прямой оплаты за транзит газа в Европу, к этому Украина получала бы приблизительно 30 млрд. куб. м газа в год от Туркменистана, проданного и/или отгруженного независимой компанией «Итера», использующей трубопроводы «Газпрома». Объем газа, превышающий бартерное соглашение, «Газпром» намерен был продавать только по европейским ценам. Соглашение, заключенное летом 2004 г., подразумевало конвертацию оставшегося долга в еврооблигации и расширяло бартерный договор по использованию транспортных объектов, таким образом обязывая «Газпром» платить 21–25 млрд. куб. м в год в период с 2005 по 2009 гг.⁶⁾

В 2004 г. был образован российско-украинский консорциум «РосУкрЭнерго», который заменил теневую компанию «EuralTransGas», которая с 2003 г. переняла роль «Итеры» и стала импортером туркменского газа. В конце 2005 г., пока две стороны спорили об условиях поставок на следующий год, цены на газ в Западной Европе подскочили до рекордной отметки в 230 долл./тыс. куб. м. Не имея договора, Россия остановила поставки газа в Украину, спровоцировав январский кризис, о котором было упомянуто во введении. Потребовалось всего лишь четыре дня для нахождения решения, которое помогло странам пережить остаток зимы. Однако долгосрочной договоренности по поставкам газа так и не было достигнуто.

Альтернатива: Ямал. Затянувшийся конфликт с Украиной заставил Россию уже с начала 1990-х гг. искать альтернативные пути для транзита газа. После получения независимости Белоруссия с самого начала поддерживала тесные отношения с Россией. В 1993 г. две страны договорились о долгосрочных отношениях касательно продажи и транзита газа, включая предоставление земли «Белтрансгаз» – национальной газопередающей компании – под транзитные маршруты для «Газпрома» на условиях 99-летней аренды. Это заставило «Газпром» возродить свои старые амбициозные планы по разработке огромного Ямальского месторождения и соединить его с внутренними и внешними рынками посредством нового грандиозного северного маршрута. Для секции трубопровода, проходящей по Польше, была создана совместная компания «EuroPolGaz», в которой доли польской «PGNiG» и российского «Газпрома» составляли по 48%, а оставшиеся 4% достались польской «Gas-Trading». Поскольку спрос на газ во время 1990-х был слабым, а затраты на раз-

⁵⁾ Более подробно о последующем конфликте и стратегии России см. [29, 30].

⁶⁾ Номинальная цена за транспортировку была оставлена в размере 1,094 долл./тыс. куб. м на 100 км, предполагаемая цена за газ была установлена на уровне 50 долл./тыс. куб. м, что в то время составляло около трети от цен в Западной Европе.

работку месторождения Ямал – очень высокими, проект был постепенно сведен на нет. В конце концов внимание было полностью привлечено к экспортному трубопроводу, который построен по принципу «от рынка к месторождению». Из-за отсроченных инвестиций в компрессорные станции он достиг планируемой мощности в 28 млрд. куб. м только в 2006 г. Первый трубопровод, именуемый *Yamal 1*, был запущен в 1998 г.⁷⁾ Второй трубопровод, *Yamal 2*, с потенциальной пропускной способностью в дополнительные 28 млрд. куб. м, уже проложен под главными пересечениями рек, однако в настоящее время кажется очень маловероятным, что он будет завершен.

К 2000 г. отношения между Россией и Беларуссией значительно похолодели. Подобно Украине, Беларуссия потребовала предоставления льгот по импортируемому в страну газу, используя систему рычагов, полученную благодаря стратегическому положению в экспортной цепочке. В апреле 2002 г. было достигнуто соглашение, согласно которому «Газпром» должен был поставить 10 млрд. куб. м по льготной цене в 24 долл./тыс. куб. м. В дополнение, накопленные Беларуссией долги должны были быть обменены на контрольный пакет акций компании «Белтрансгаз», управляющей трубопроводами «Газпрома» на территории Беларуссии. Однако вторая часть соглашения, которая могла бы предоставить «Газпрому» более эффективный контроль над его экспортными магистралями, не была реализована. В конце 2003 г., когда переговоры о новых условиях поставки газа провалились, «Газпром» прекратил подачу газа в Беларуссию. Беларусский кризис имел худшие последствия по сравнению с украинским, в течение которого Россия продолжала бесперебойно осуществлять экспортные поставки. Кризис был разрешен в течение одного дня, что помогло избежать серьезных последствий для потребителей на Западе. Общим странам потребовалось почти 5 месяцев для достижения временного соглашения, действующего до конца года.

В обход транзитных государств. В конце 1990-х Россия продвигала планы по созданию двух трубопроводов мощностью 60 млрд. куб. м по направлению Север-Юг, через Беларуссию, Польшу и Словакию. Трубопровод, который мы будем именовать *Vyprass*, обещал небольшую коммерческую выгоду, так как он не увеличивал пропускную способность западного направления. Однако возможность его использования без привлечения Украины рассматривалась как прямая угроза сильной позиции последней⁸⁾. Эти действия способствовали подготовке основы для переговоров между Россией и Украиной в 2001 г. Очевидно, отсрочка проекта была одной из российских уступок в данном соглашении.

С другой стороны, Беларуссию можно обойти через Латвию и Литву, мы назовем этот вариант *Baltic*. Подобный трубопровод позволил бы использовать существующие мощности *Yamal 1* в Польше и России без вовлечения Беларуссии. С дополнительными мощностями в Польше и России этот проект мог бы стать частью пересмотренного проекта *Yamal 2*. Пока подобная возможность не привлекла значительного общественного внимания, но летом 2007 г. члены Евросоюза – Польша, Лат-

⁷⁾ Курсив используется, чтобы выделить трубопроводы, которые будут рассматриваться в количественном анализе.

⁸⁾ Для увеличения доверия к проекту был основан консорциум по контролю над секциями трубопровода в Польше и Словакии, включая, среди прочих: «Газпром» (18%), «PGNiG» (10%), «SNAM» (29%), «Ruhrgas» (22%), «Gaz de France» (12%) и «Wintershall» (5%). «Газпром» должен был отвечать за часть трубопровода в Беларуссии.

вия, Литва и Эстония – предложили проект подобного трубопровода, под названием *Amber*, пытаясь остановить развитие проекта *Nord Stream* (к которому мы перейдем далее). Главное различие между проектами *Baltic* и *Amber* заключается в том, что во втором участвует Эстония.

В конце 1990-х Россия отказалась от ранних планов по строительству Балтийского кольца (*Baltic Ring*), соединившего бы Россию через Финляндию и Швецию с Германией, в пользу прямого соединения между Выборгом (Россия) и Германией по дну Балтийского моря⁹⁾. Изначально именуемый *NorthTransGas*, предложенный проект должен был осуществляться «Газпромом» и «Finnish Fortum». Планируемая мощность трубопровода варьировалась от 18 до 30 млрд. куб. м в год¹⁰⁾. Россия усиленно продвигала *NorthTransGas* в международных переговорах, но ее западные партнеры продолжали тянуть время из-за высокой стоимости проекта. В 2005 г. проект получил неожиданный толчок. Немецко-российский консорциум, включающий «E.ON-Ruhrgas», «Wintershall» и «Газпром», объявил о строительстве двухниточного трубопровода под новым названием *North European Gas Pipeline*, позже переименованный в *Nord Stream*, с мощностью 55 млрд. куб. м. Хотя Балтийские страны и Польша использовали все свое влияние по лоббированию против осуществления этой сделки, строительные работы на российской территории начались сразу же после объявления о строительстве.

В заключение мы отметим несколько наблюдений. Во-первых, Россия, Белоруссия и Украина потерпели неудачу в установлении стабильных долгосрочных газовых отношений. Вместо этого они были постоянно вовлечены в споры по поводу цен на газ и транзитных пошлин. Во-вторых, несмотря на острые конфликты, прерывания поставок случались крайне редко и носили краткосрочный характер, не имея длительных последствий для потребителей на Западе. В-третьих, в попытке создать систему рычагов по воздействию на транзитные государства Россия продвигала разнообразные проекты, такие как *Yamal*, *Bypass* и позже *Nord Stream*. В то время как затраты на строительство альтернативных маршрутов хорошо известны, стратегические выгоды от них определить достаточно трудно, даже по порядку величины. В следующей главе представлена формальная модель для определения того, как архитектура сети и имеющиеся варианты инвестиций определяют силу различных игроков и распределение прибыли от газового экспорта.

3. Модель

Аналитический подход. Представим взаимозависимости между игроками в виде игры в характеристической форме (N, v) , где N обозначает множество игроков,

⁹⁾ На юге другой трубопровод – *Голубой поток* (*Blue Stream*), идущий по дну Черного моря в Турцию, вошел в эксплуатацию в 2002 г. согласно долгосрочному соглашению с турецким «Botas». Он так же является альтернативой трубопроводам через Украину, Молдавию, Румынию и Болгарию, конфликты с которыми были аналогичны тем, которые происходили на направлении Восток–Запад.

¹⁰⁾ С коммерческой точки зрения новый трубопровод на севере мог бы быть более привлекательным, если бы соединялся со Штокмановским месторождением, которое планируется разрабатывать, хотя перспективы разработки неясны. И даже если месторождение будет разработано, может оказаться дешевле сжигать газ, так как стоимость наземного трубопровода высока из-за суровой местности Кольского полуострова.

а числовая (характеристическая) функция $v: 2^{N_i} \rightarrow R^+$ дает выигрыш, который может получить подмножество игроков $S \subseteq N$. Характеристическая функция отражает важные экономические характеристики, такие как география сети, различие в издержках различных трубопроводов, спрос на газ, производственные издержки и т.д. Потенциальная сложность подхода, основанного на характеристической функции, состоит в том, что выигрыш коалиции может зависеть от того, что делают игроки, не входящие в коалицию. К счастью, такая проблема не возникает в нашем случае: коалиции, в которые не входит Россия, не могут сформировать законченную цепь поставок и, следовательно, не могут получить прибыль и конкурировать с коалицией, в которую входит Россия.

Для строительства трубопровода требуется некоторое время. После того как трубопровод налажен, он может функционировать на протяжении нескольких десятилетий. Точная оценка переговорной силы потребовала бы динамического анализа, который лежит за пределами данного исследования. Вместо этого мы рассматриваем два сценария, позволяющих определить интервал для результатов от динамической модели инвестиций и переговоров. В игре «статус-кво» (N, v^s) мы предполагаем, что используемые мощности не могут быть изменены, подразумевая, что игроки страдают от крайней близорукости. В другом сценарии, «все варианты» (N, v^a) , напротив, учитываются все возможности для расширения сети. В этой игре игроки страдают от дальнорукости, игнорируя время, необходимое для установки новых мощностей.

Позже мы выберем надлежащие значения переговорной силы из найденного интервала, основываясь на следующей эвристике. Предположим, что необходимо δ периодов, прежде чем новые мощности войдут в эксплуатацию, и после этого они будут работать вечно. Представим эту последовательность игр как δ периодов с характеристической функцией v^s , после этого все периоды описываются функцией v^a . Если все игроки используют ставку дисконтирования r , мы можем рассчитать годовой доход \bar{v} исходя из приведенной стоимости:

$$\bar{v}/r = \sum_{i=1}^{\delta} \frac{v^s}{(1+r)^i} + \frac{v^a}{r(1+r)^{\delta}}.$$

Преобразуя, мы получаем взвешенную характеристическую функцию составной игры:

$$\bar{v} = (1-\gamma)v^s + \gamma v^a; \quad \gamma = (1+r)^{-\delta}.$$

Такая эвристика не заменяет серьезный динамический анализ, но, тем не менее, она задает некоторые ориентиры.

В кооперативной теории игр был разработан ряд решений для игр в характеристической форме. Далее мы рассматриваем решение Шепли — ϕ_i , $i \in N$, которое равно ожидаемому вкладу игрока i во все возможные коалиции:

$$\phi_i = \sum_{S: i \in S} P(S) [v(S \cup i) - v(S)],$$

где $P(S) = |S|!(|N| - |S| - 1)! / |N|!$ — вероятность формирования коалиции S .

Вектор Шепли является единственным правилом со сбалансированными вкладами, когда для любых двух игроков i и j верно, что i теряет столько же при выходе из игры j , сколько потеряет j , если i выйдет из игры¹¹⁾. Так, если игрок возражает против распределения прибыли по Шепли, сославшись на потери, которые понесет другой игрок при его отказе от кооперации, оппонент может всегда выдвинуть контраргумент [18].

Вектор Шепли также может быть рассмотрен как равновесие в некоторых некооперативных играх. Среди моделей таких игр модель авторов [32, 33], которая подходит для описания переговоров на рынке газа особенно точно. Упомянутые авторы рассматривают двусторонние переговоры с неотъемлемым игроком, без которого другие игроки не могут ничего заработать. Предполагая, что все соглашения могут быть пересмотрены до того, как окончательные планы будут реализованы, авторы показывают, что только вектор Шепли устойчив против пересмотров.

Аксиоматическое описание и некооперативное обоснование также делают вектор Шепли привлекательной мерой силы игроков в евроазиатской сети поставок газа. Однако существуют альтернативные решения, из которых мы рассмотрим два: ядро ψ^c , которое основано на стабильности кооперации, и нуклеолус ψ^n , который опирается на равенство среди коалиций¹²⁾.

Калибровка модели. Мы калибруем модель таким образом, чтобы отразить основные свойства евроазиатской газопередающей сети в начале 2000-х гг. Поскольку нас больше всего интересует структура сил в евроазиатской цепи поставок, мы абстрагируемся от стратегических аспектов взаимодействия России с другими поставщиками газа в Европу (Алжиром, Норвегией) и крупными импортерами. Мы предполагаем, что Россия обслуживает остаточный спрос Западной Европы, которая для простоты рассматривается как единый рынок. Далее термин «Западная Европа» будет обозначать ядро Евросоюза (EU15), исключая Грецию. В этом регионе импортеры соединены плотной сетью трубопроводов, так что каждый покупатель может получить газ, транспортированный через трубопроводы, рассматриваемые в данной работе.

Основные игроки сети поставок – Россия, Украина, Польша, и Белоруссия. Дополнительно мы включаем Словакию, Латвию и Литву, которые вовлечены в попытки обойти Украину или Белоруссию. Мы используем заглавные латинские

¹¹⁾ Кроме того, вектор Шепли – единственное правило распределения прибыли от многосторонней кооперации, которое удовлетворяет нескольким значимым критериям: (1) *эффективность*; (2) *симметрия*; (3) «*ditto*» игрок и (4) *линейность* [25].

¹²⁾ Пусть ψ – вектор достижимых и эффективных платежей: $\sum_{i \in N} \psi_i = v(N)$ и $\gamma(S, \psi) = \sum_{i \in S} \psi_i - v(S)$ – излишек, который коалиция получает дополнительно к своей прибыли. Ядро – это множество распределений прибылей, при которых излишек любой из коалиций неотрицателен и ни одна коалиция не склонна наложить вето

$$\psi^c = \{ \psi : \gamma(S, \psi) \geq 0, \forall S \subseteq N \}.$$

Нуклеолус ψ^n максимизирует излишек тех коалиций, чья прибыль наименьшая в лексико-графическом порядке [24]. Если ядро пусто, т.е. все допустимые ψ приводят к потерям хотя бы одной коалиции, то нуклеолус минимизирует проигрыш тех коалиций, убыток которых максимален.

буквы для обозначения множества игроков $N = \{R, U, P, B, S, La, Li\}$. Из трубопроводов мы рассматриваем старую украинскую систему, именуемую *South*, вариант обновления и расширения этой системы – *Upgrade*, трубопровод *Yamal 1* и проект его расширения – *Yamal 2*, трубопровод через Словакию – *Bypass*, через страны Балтики – *Baltic* и, наконец, прямой трубопровод в Европу – *Nord Stream*.

Помимо географии управление игроками ресурсами также отражает институциональную структуру. По этой причине мы не рассматриваем часть системы *South*, расположенную в Словакии и Чешской Республике. В этих странах транзитные трубопроводы приватизированы и находятся под контролем западноевропейских импортеров, чьи права собственности конституционно защищены. Кроме того, правительства этих стран нарушили бы соглашения Евросоюза, если бы решили вмешаться в транзитные дела, чтобы получить рычаг воздействия в международных переговорах. Сходная ситуация наблюдается и в Польше. Хотя польская сторона держит контрольный пакет в «EuroPolGas», страна не может запретить использование существующего трубопровода *Yamal 1*. Долгосрочные соглашения и конституционные права вместе с регулированием Евросоюза обеспечивают России эффективный доступ к *Yamal 1*¹³⁾. Однако мы предполагаем, что страны Евросоюза могут наложить запрет на прокладку новых трубопроводов, проходящих по их территории. Таким образом, без Польши ни *Baltic*, ни *Yamal 2* не могут быть построены, без Словакии не может быть реализован проект *Bypass*.

Все варианты трубопроводов представляют законченное соединение между Россией и Западной Европой. Однако при этом имеется значительная разница в издержках на транспортировку газа. Оценка транспортных издержек для каждого трубопровода (см. детали в расширенной версии статьи) дают следующую простую иерархию. Дешевле всего осуществлять поставки через *Yamal 1*, мощность которого 28 млрд. куб. м в год, и *South*, чья приблизительная мощность 70 млрд. куб. м в год. Инвестиционные издержки этих двух трубопроводов уже необратимы (*sunk*). Самый дешевый вариант для увеличения мощности сети еще на 15 млрд. куб. м в год – это модернизация украинской системы, т.е. *Upgrade*. После этого *Yamal 2* является вторым самым дешевым вариантом, его капитальные затраты более чем в два раза выше. Стоимость инвестиций в *Yamal 2* снижена благодаря приготовлениям, сделанным при строительстве *Yamal 1*. Строительство нового трубопровода вдоль южного маршрута, т.е. расширение *Upgrade* сверх 15 млрд. куб. м, немногим дороже *Yamal 2*. Гораздо более дорогой проект – *Nord Stream*, требующий, по крайней мере, вдвое больше капитала на единицу мощностей. *Bypass* и *Baltic* представляют особый случай. Если мощность не будет превышать 70 млрд. куб. м, то стоимость *Bypass* на 20% ниже, чем стоимость *Yamal 2*, но только если *South* не используется. Аналогично, до 28 млрд. куб. м трубопровод *Baltic* на 40% дешевле, чем *Yamal 2* при том что *Yamal 1* не используется. Сверх этого порога мощностей издержки сравнимы с издержками по *Yamal 2*.

Из всех предпосылок, используемых для калибровки модели, предположения, касающиеся спроса на российский газ и издержек по производству газа в Западной Сибири, наиболее спорные. К счастью, предпосылки о спросе и стоимости поставок

¹³⁾ Стоит так же заметить, что в 2007 г. польский суд защитил российский «Газпром» от попыток «EuroPolGas» (в которой «Газпром» держит 48% акций) увеличить транзитные тарифы всего на 2%.

вливают на все коалиции одинаково и имеют слабый эффект на относительную переговорную силу. Мы принимаем линейную функцию для остаточного спроса и предельных издержек поставок и делаем «правдоподобные предположения» о параметрах наклона и пересечении. Более важно, что параметры выбраны так, чтобы существующие мощности *South* и *Yamal 1*, 70 млрд. куб. м и 28 млрд. куб. м соответственно, являлись достаточными при заданных инвестиционных затратах. Так что, главная коалиция, содержащая всех игроков, максимизирует прибыль, используя *South* и *Yamal 1*, которые имеют небольшие издержки и не делают никаких инвестиций в новые мощности. Подкоалиции, однако, могут желать проинвестировать в новые мощности, в зависимости от доступа к имеющимся и планируемым трубопроводам.

Основные результаты калибровки представлены в табл. 1. В первой колонке дана наименьшая коалиция, необходимая для образования транспортной сети, параметры которой представлены в следующих семи колонках. Для каждого трубопровода дана либо величина доступных мощностей или значение оптимальных инвестиций: «-» означает, что ветка трубопровода не доступна коалиции либо из-за ее географического положения, как в верхней половине таблицы, либо по предположению, как в нижней части таблицы; «0» говорит о том, что трубопровод может быть использован или построен, но коалиция предпочла его не использовать.

Таблица 1.

Коалиции, мощности и прибыли

Коалиция	Мощность трубопровода, млрд. куб. м в год							Прибыль, %
	<i>South</i>	<i>Upgrade</i>	<i>Yamal 1</i>	<i>Yamal 2</i>	<i>Bypass</i>	<i>Baltic</i>	<i>Nord Stream</i>	
Все опции								
R	-	-	-	-	-	-	72	57
R, U	70	15	-	-	-	-	0	96
R, B	-	-	28	-	-	-	45	72
R, B, P	-	-	28	60	-	-	0	89
R, B, U	70	0	28	-	-	-	0	100
R, B, P, S	-	-	28	0	60	-	0	92
R, P, Li, La	-	-	-	-	-	88	0	85
Все игроки	70	0	28	0	0	0	0	100
Статус-кво								
R, U	70	-	-					92
R, B	-	-	28					51

Положительные значения определяют мощности существующих или заново построенных трубопроводов. Последняя колонка дает прибыль коалиций в процентах от прибыли главной коалиции. Мы рассматриваем относительные прибыли, так

как они отражают географию и разницу в издержках, в то время как абсолютные значения чувствительны к нашим предположениям относительно спроса и затрат на поставку¹⁴).

Будучи одна, Россия бы выбрала *Nord Stream*, единственный вариант, который не требует партнеров, и построила бы трубопровод мощностью 72 млрд. куб. м. Это позволило бы России получать ежегодную прибыль в размере 57% от прибыли главной коалиции. В кооперации Россия и Украина отказались бы от дорогого проекта *Nord Stream* и вместо этого инвестировали бы в *Upgrade*, обновление существующей системы *South*. Избежав больших затрат на *Nord Stream*, эта коалиция смогла бы получить относительную прибыль в размере 96%. При условии, что доступ России к польской секции *Yamal 1* гарантирован, коалиция России и Белоруссии использовала бы установленные 28 млрд. куб. м трубопровода *Yamal 1* и дополнительно реализовала бы проект *Nord Stream*, установив 45 млрд. куб. м. При этом коалиция заработала бы относительную прибыль в размере 72%. Если бы Польша также присоединилась к коалиции, то инвестиционный план изменился бы и вместо *Nord Stream* был бы построен *Yamal 2* с мощностью 60 млрд. куб. м, общая прибыль составляла бы 89%. Коалиция, состоящая из трех основных игроков – России, Украины и Белоруссии, получила бы прибыль, равную прибыли главной коалиции, используя только существующие мощности.

Трубопровод *Bypass* дал бы возможность Белоруссии, Польше и Словакии заменить самую важную транзитную страну – Украину. Включение Словакии в коалицию $\{R, B, P\}$ принесло бы дополнительные 4%, и прибыль составила бы 93%. Разница незначительна, но при этом и необходим всего лишь один дополнительный игрок. Трубопровод через страны Балтии – Латвию и Литву – состоит из двух частей: короткого соединения мощностью в 28 млрд. куб. м, которое заменило бы отрезок *Yamal 1*, проходящий по Белоруссии, и второй трубы с дополнительными 60 млрд. куб. м, которая является вариантом *Yamal 2*. Эти инвестиции позволили бы коалиции $\{R, P, Li, La\}$ получить прибыль в 85%. Если сравнивать с тем, что Россия заработала бы одна, прибавка составляет 28 пунктов. Разница значительная, но при этом необходимы три дополнительных игрока, чтобы достичь ее.

Структура сил. В табл. 2 приведены значения относительной силы игроков, рассчитанные на основе вектора Шепли при различных предположениях относительно доступности трубопроводов и инвестиционных проектов. Мы будем ссылаться на доли игроков в общей прибыли (рассчитанные в процентах) или просто говорить об индексе «силы». В левой части таблицы, озаглавленной «статус-кво», приведены результаты для случая, когда существующая система трубопроводов не может быть изменена. Значения относятся к «близорукой» оценке структуры сил. В этом случае Россия полностью зависит от Украины и Белоруссии в отношении транспортировки газа¹⁵). Две страны конкурируют за оказание транспортных ус-

¹⁴) Коалиции, не упомянутые в табл. 1, либо имеют эквивалентные инвестиционные возможности и, таким образом, такие же прибыли, как и представленные коалиции; или же они не могут организовать завершённую цепочку поставок и получают нулевую прибыль.

¹⁵) Напомним, что мы предполагаем, что Польша не может закрыть доступ к *Yamal 1* и получить влияние или переговорную силу, угрожая этим. Наша модель не принимает во внимание доли Польши, которую та получила до того, как трубопровод был построен.

луг, но их мощности ограничены и конкуренция слабая. Имея 57%, Россия получает всего на 7 пунктов больше того, что она получила бы, если бы имела дело с транзитером-монополистом. Неравные доли Украины и Белоруссии, 32 и 11% соответственно, отражают разницу в мощностях *South* и *Yamal 1*.

Таблица 2.
Варианты трубопроводов и относительное значение Шепли, %

	Статус-кво	Добавляя по варианту в раз					Все варианты	Исключая по варианту в раз				
		<i>Upgrade</i>	<i>Yamal 2</i>	<i>Bypass</i>	<i>Baltic</i>	<i>North</i>		<i>Upgrade</i>	<i>Yamal 2</i>	<i>Bypass</i>	<i>Baltic</i>	<i>North</i>
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Россия	57,1	57,8	60,3	59,2	58,7	79,7	82,4	81,9	81,9	82,3	82,0	62,6
Украина	31,8	32,5	22,2	23,5	29,1	15,1	10,1	9,5	10,9	10,7	11,0	19,5
Беларусь	11,1	9,6	14,3	13,2	7,5	5,2	4,3	5,0	3,7	4,1	5,3	10,1
Польша	0	0	3,2	2,1	1,6	0	2,0	2,2	1,5	1,9	1,6	4,8
Словакия	0	0	0	2,1	0	0	0,2	0,2	1,0	0	0,2	0,2
Литва	0	0	0	0	1,6	0	0,5	0,6	0,5	0,5	0	1,4
Латвия	0	0	0	0	1,6	0	0,5	0,6	0,5	0,5	0	1,4

При «дальнозорком» взгляде на игру, когда учитываются все возможные варианты расширения транспортной системы, картина значительно меняется. Результаты приведены в табл. 2 под заголовком «все варианты». С более чем 82% Россия получает теперь львиную долю прибыли. Напомним, что согласно нашим предположениям о спросе и предложении ни один из инвестиционных проектов не будет воплощен. Доля России увеличивается на четверть общей прибыли из-за наличия самой возможности проложить трубопровод через Балтийское море, увеличить мощности *Yamal* и *South* или экспортировать газ в обход Украины и Белоруссии. Доля Украины падает на две трети с 32 до 10%. Белоруссия также значительно теряет: ее доля уменьшается на 7 процентных пунктов. Польша же, наоборот, укрепляет свою позицию, получая долю в 2%.

Латвия и Литва, так же как и Словакия, приобретают некоторую силу вследствие предоставления возможности обойти Украину и Белоруссию. Выигрыши этих стран малы, однако, в виду гораздо меньшей численности населения, их прибыли все равно оказываются значимыми. Так, если рассчитать доход на душу населения, то компенсации, полученные Литвой и Латвией, попадают в диапазон значений для Польши и Украины.

Стратегическое значение проектов. Чтобы определить стратегическое значение отдельных проектов трубопроводов, рассмотрим их по отдельности, добавляя по одному варианту к «статусу-кво» (см. табл. 2). С другой стороны, мы можем оценить значение каждого варианта, исключая его из базового сценария «все варианты» (табл. 2).

Если требуется лишь немного увеличить мощности, то *Upgrade* является самым дешевым и коммерчески привлекательным вариантом. Даже сверх дополнительных 15 млрд. куб. м, проект незначительно дороже, чем *Yamal 2*. Тем не менее влияние этого варианта на структуру сил мало, независимо от того, рассматривается ли он один или на фоне всех остальных проектов. Это происходит потому, что

существующие мощности системы *South* достаточно велики. Если бы *Yamal 2* был единственной возможностью увеличить пропускную мощность сети, его влияние на структуру сил было бы велико. Наличие этого трубопровода уменьшило бы долю Украины на 9 процентных пунктов, т.е. почти треть от доли в случае «статус-кво». Однако, если проект рассматривается в контексте всех остальных вариантов, *Yamal 2* имеет весьма умеренное влияние на структуру сил. Сравнение колонок 7 и 9 в табл. 2 показывает, что Россия, Белоруссия и Польша получают по половине процентного пункта, в то время как Украина и Словакия теряют в долях. Тот факт, что позиция Словакии ослаблена, показывает, что стратегическое значение *Yamal 2* связано с *Bypass*, единственным трубопроводом, который проходит по территории этой страны. Так же как и *Yamal 2*, *Bypass* выглядит важным проектом при отсутствии других вариантов. Но при наличии всех других проектов оказывается, что его значение для России несущественно, сама Словакия также получает в этой ситуации очень мало. Это связано с тем, что все коалиции, которые могут реализовать проект *Bypass*, могут также выбрать *Yamal 2*, который не намного дороже.

Nord Stream имеет самое большое влияние на структуру сил. В отдельности он увеличивает значение индекса для России с 57 до почти 80%. Если проект рассматривается на фоне всех остальных вариантов, он увеличивает прибыль России с 63 до более чем 82%. Таким образом, прямой доступ важнее, чем все другие проекты вместе взятые. Стратегическое значение *Nord Stream* объясняет российскую заинтересованность в проекте, который с наивной точки зрения имеет мало смысла из-за непомерно высоких издержек.

География и издержки. Поясним взаимосвязь между географией и издержками и как она определяет переговорную силу на примере четырех стран: России, Белоруссии, Польши и Украины. Чтобы определить роль географии, предположим, что все трубопроводы имеют одинаковые издержки, следовательно, общая прибыль будет одинаковой вне зависимости от того, какие соединения используются. Если бы единственно возможным транспортным путем проходил через Украину, то Россия и Украина делили бы прибыль поровну $S : S$. Если мы добавим столь же эффективный путь через Белоруссию и Польшу, то Россия получит $7/12$ прибыли, Украина $1/4$, а Белоруссия и Польша разделят оставшуюся прибыль поровну, получив по $1/12$ ¹⁶⁾. В данном случае Украина значительно теряет из-за появления конкурирующего маршрута, а России приходится делиться прибылью с еще двумя транзитными странами. Наконец, если мы позволим России установить прямой трубопровод, то она получит всю прибыль целиком, поскольку ей не надо будет делиться еще с кем-то.

Теперь предположим, что все варианты имеются в наличии, но трубопроводы различаются по издержкам, либо из-за расположения (наземные, проходящие по воде), либо из-за инвестиционных затрат (необратимых, как в случае с *South*, *Yamal 1*, обратимых, как в случае всех других проектов). Минимальное значение прибыли России равно тому, что она может получить, реализовав проект прямого трубопровода. В то время как *Nord Stream* выглядит неэффективным по сравне-

¹⁶⁾ С выплатами, приведенными к единице, характеристическая функция будет иметь значения: $v(R, B, P) = v(R, U) = v(R, P, U) = v(R, B, U) = v(R, B, P, U) = 1$ и ноль во всех других случаях, и вектор Шепли принимает значения $\phi_R = 7/12$, $\phi_B = \phi_P = 1/12$, $\phi_U = 1/4$.

нию с другими вариантами, отдельно он был бы крайне прибыльным проектом. При представленной калибровке модели доля России уже будет 57% от прибыли самого эффективного варианта транспортной сети. Дополнительно Россия получает 7/12 от добавки к прибыли, полученной в результате замены *Nord Stream* на более дешевый *Yamal*. Наконец, Россия получит S от прироста прибыли при использовании самого эффективного варианта, который включает систему Украины. Подводя итог, мы получаем $\phi_R = v(R) + \frac{7}{12}(v(R, B, P) - v(R)) + \frac{1}{2}(v(R, B, P, U) - v(R, B, P))$, что дает долю в 81% при оценке с использованием значений из табл. 2. Этот результат близок в тому, что мы получили при использовании крайне сложной модели. Добавляя в анализ игроков и новые варианты инвестиций, мы делаем модель более реалистичной, но при этом наши количественные результаты сильно не меняются.

Помимо базового сценария мы рассматриваем составную игру и проверяем устойчивость результатов в отношении изменений в параметрах. Напомним, что спрос и издержки поставок были откалиброваны таким образом, чтобы при данных издержках трубопроводов существующие мощности уже максимизировали прибыль цепочки поставок. Мы рассматриваем три изменения: (1) высокий спрос, (2) низкая эластичность спроса, и (3) более высокие инвестиционные затраты на *Nord Stream*. Результаты приведены в расширенной версии статьи. Основываясь на них, можно сделать вывод, что количественные результаты достаточно устойчивы к предположениям о спросе и издержках. Наиболее спорный момент заключается в весах, приписанных проектам, в дальнорочной перспективе по сравнению с игрой «статус-кво», представляющей близорукий вариант оценки сил.

Другие решения: ядро и нуклеолус. Рассмотрим другие концепции решений игр в характеристической форме. В табл. 3 приведены интервалы возможных значений для ядра ψ^c , нуклеолуса ψ^n и, для сравнения, вектор Шепли ϕ для трех игр. Поскольку расчеты ядра и нуклеолуса требуют сравнения всего нескольких выигрышей из табл. 2, мы кратко объясним алгоритмы расчета для игры «все варианты» (v^n, N).

Таблица 3.

Ядро, нуклеолус и вектор Шепли

	Статус-кво			Все варианты			Составная игра		
	ψ^c min - max	ψ^n	ϕ	ψ^c min - max	ψ^n	ϕ	ψ^c min - max	ψ^n	ϕ
Россия	41-100	71,5	57	89-100	94	82	82-100	87,2	74,5
Украина	0-49	24,5	32	0-8	4	10	0-20	10,2	16,8
Беларусь	0-8	4	11	0-4	2	4	0-5	2,6	6,5
Польша	0-0	0	0	0-0	0	2	0-0	0	1,4
Прочие	0-0	0	0	0-0	0	1	0-0	0	0,8

И ядро, и нуклеолус распределяют всю прибыль, т.е. силу между Россией, Беларуссией и Украиной, не оставляя ничего остальным игрокам: $\psi_i^c = \psi_i^n = 0$ для

$i \in N \setminus \{R, B, U\}$. Это следует из того факта, что вместе эти три игрока могут получить полный выигрыш, $v(\{R, B, U\}) = 100$, в то время как остальные ничего: $v(S) = 0$ для $S \subseteq N \setminus \{R, B, U\}$. Во-вторых, $v(\{R, U\}) = 96$, и мы получаем максимум платежа Белоруссии в ядре $\psi_B^c \leq 4$. Нуклеолус делит этот выигрыш поровну между коалициями $\{R, U\}$ и $\{B\}$ так, что $\psi_B^c = 2$. В-третьих, из того, что наибольший выигрыш коалиции, не включающей Украину, $v(\{R, B, P, S\}) = 92$, мы находим $\psi_U^c \leq 8$. Так как результат также делится поровну, Украина получает $\psi_U^c = 4$, что оставляет России $\psi_R^c = 94$ ¹⁷⁾. Наконец, если вся прибыль приписана России, то ни одна из подкоалиций не может наложить вето на распределение прибыли, потому что Россия – необходимый игрок, таким образом, $\psi_R^c \in [89, 100]$. Аналогично мы рассчитываем значения для игры «статус-кво» и составной игры.

Ядро и нуклеолус сильно зависят от того, что могут получить коалиции $\{R, U\}$ и $\{R, B, P, S\}$. Ни одна из коалиций не будет инвестировать в *Nord Stream* или в *Yamal 2*. В результате оба проекта оказываются стратегически несущественными, если переговорная сила определяется с помощью ядра и нуклеолуса. Поскольку $\{R, U\}$ инвестирует в *Upgrade*, а $\{R, B, P, S\}$ – в *Bypass*, именно эти варианты, которые не играли роли при оценке через вектор Шепли, теперь играют решающую роль.

Для всех решений присутствует согласованная модель для всех игр. При переходе от игры «статус-кво» к игре «все варианты» доля России увеличивается, в то время как доли Украины и Белоруссии снижаются. Но фокус на различных коалициях и их возможности имеет огромное значение для предсказания индекса сил. Россия оказывается гораздо сильнее, когда ее сила определяется с помощью нуклеолуса. Это также верно в отношении ядра за исключением игры «статус-кво», для которой ядро имеет очень широкие границы. В составной игре разница между нуклеолусом, который совпадает со средним значением для ядра, и вектором Шепли составляет почти 13 процентных пунктов. Разница почти такая же для остальных игр. Сила России отражает слабость Белоруссии и Украины, чьи индексы силы снижаются, если оценены с помощью вектора Шепли, с 6,5 и 16,8 до 2,6 и 10,2 при оценке через нуклеолус. Таким образом, выбор концепции решения оказывается очень важным для количественной оценки относительной силы игроков в цепочке поставок газа.

Эмпирические наблюдения. В этом разделе мы попробуем оценить, как в действительности страны распределяли прибыль от экспорта газа в 2001/2002 гг. Потом мы сопоставим полученные результаты с теоретическими предсказаниями. К сожалению, для строгих эмпирических выводов потребовались бы наблюдения реального мира, когда экспортные поставки в Западную Европу осуществляются и когда нет. Поскольку нам доступны только данные, описывающие первый случай, наши эмпирические результаты базируются на предположениях, которые имеют значительную долю субъективных оценок.

¹⁷⁾ Нуклеолус игры (v^a, N) характеризуется следующим лексико-графическим порядком коалиций относительно излишка $\gamma(S, \psi^n) = \sum_{i \in S} \psi_i^n - v(S)$:

1. $\gamma(\{R, B, U\}) = \gamma(\{P\}) = \gamma(\{S\}) = \gamma(\{Li\}) = \gamma(\{La\}) = 0$;
2. $\gamma(\{R, U\}) = \gamma(\{B\}) = 2$;
3. $\gamma(\{R, B, P, S\}) = \gamma(\{U\}) = 4$;
4. $\gamma(\{B, U\}) = 6$;
5. $\gamma(\{R, B, P\}) = 7$;
6. $\gamma(\{R, P, Li, La\}) = 9$;
7. $\gamma(\{R\}) = 37$.

