

# ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ



## ВЛИЯНИЕ ТРАНСГРАНИЧНЫХ ОПТОВОЛОКОННЫХ ПЕРЕХОДОВ НА ИНФОРМАЦИОННО- КОММУНИКАЦИОННУЮ СВЯЗНОСТЬ ГОРОДОВ РОССИИ

*В. И. Блануца*<sup>1</sup>



*Российские города связаны между собой множеством линий электросвязи. Информационный поток между двумя любыми городами может направляться по разным маршрутам, в том числе через зарубежные сети. Для соединения российских линий с зарубежными сетями создаются трансграничные переходы. Влияние таких переходов на связность городов ранее не анализировалось ни для России, ни для других стран. С опорой на авторскую базу данных о линиях электросвязи Российской Федерации, данные Росстата о численности населения городов и результаты сканирования топологии сети Интернет предпринята попытка оценить влияние переходов на связность российских городов. Оценка проводилась на физическом, экономическом и цифровом уровнях связности. По каждому уровню рассчитан удельный вес городов и горожан, которые напрямую взаимодействуют с зарубежными сетями. Установлено, что из трех категорий физической связности система российских городов характеризуется худшим вариантом — внешне обусловленной связностью, так как города Калининградской области соединяются с остальными отечественными городами только через зарубежные сети. Анализ перераспределения трафика между городами — центрами автономных систем показал, что в России преобладают замкнутые потоки и имеет место преимущественно внутренняя экономическая связность. Расчет величины задержки информационного потока между всеми российскими городами и ядрами отечественных и зарубежных цифровых агломераций позволил выявить несколько городов, находящихся в зоне воздействия иностранных ядер. В итоге установлено, что трансграничные переходы оказывают незначительное влияние на информационно-коммуникационную связность российских городов.*

**Ключевые слова:** информационно-коммуникационная связность, трансграничный переход, линия электросвязи, автономная система, цифровая агломерация городов, Российская Федерация

### Введение

Для любого государства обеспечение связности социально-экономических объектов на своей территории является одной

---

<sup>1</sup> Институт географии  
им. В. Б. Сочавы СО РАН,  
664033, Россия, Иркутск,  
ул. Улан-Баторская, 1.

Поступила в редакцию 01.06.2018 г.

doi: 10.5922/2079-8555-2018-4-1

© Блануца В. И., 2018



из важнейших задач, решение которой опирается на создание транспортных и информационно-коммуникационных линий с системами транспортировки и узлами управления. В наиболее широком смысле социально-экономическая связность — это условие быстрого перемещения энергии, сырья, товаров, людей и информации между каждой парой территориально распределенных объектов. Нарушение связности может стать предпосылкой дезинтеграции и развала государства. В статье рассматривается только информационно-коммуникационная связность, понимаемая как возможность соединения любых двух объектов для передачи информации (данных, звука, изображения) по линиям электросвязи. Объектом в этом случае может быть человек, робот (в рамках «Интернета вещей»), организация, населенный пункт, регион, страна. Далее анализируется только связность российских городов, число которых на 1 января 2017 года составляло 1112 (рассчитано по данным Росстата<sup>1</sup>).

Связность городов в пределах одного государства может поддерживаться как за счет внутренних, так и внешних — зарубежных — линий электросвязи. Каждое крупное государство стремится контролировать собственную связность, что проявляется в минимизации внутренних информационных потоков через внешние линии. Однако особенности географического положения, системы расселения и конфигурации сети электросвязи страны обуславливают специфическое соотношение между использованием внутренних и внешних линий. Для понимания этого соотношения весьма важно знать местоположение стыков собственных и зарубежных сетей, которые называются трансграничными переходами. Поскольку в настоящее время основной объем информации передается по волоконно-оптическим линиям связи (ВОЛС), то в статье рассматриваются только оптоволоконные переходы. Их влияние на информационно-коммуникационную связность российских городов ранее не изучалось. Отсутствие такого знания затрудняет разработку новой стратегии обеспечения информационной безопасности Российской Федерации, а также концепций пространственного развития отдельных городов и их скоплений (агломераций) для осуществления технологического прорыва к будущей цифровой экономике.

Влияние зарубежных сетей на внутреннюю ситуацию в государстве обычно значительно преувеличивается по политическим соображениям (относительно Интернета подобные опасения на качественном уровне проанализированы в [1]), поэтому необходимо получить как можно более точную — количественную — оценку влияния трансграничных переходов на связность городов. При этом надо понимать, что помимо прямой задачи исследования (оценки связности российских городов за счет зарубежных ресурсов) существует и обратная задача — определение возможности международной информационно-коммуникационной блокировки городов России через закрытие трансграничных переходов. В статье основное внимание уделено решению прямой задачи.

Исследование опиралось на авторскую базу данных «Линии электросвязи Российской Федерации», составленную по отчетам отечественных магистральных операторов связи, официальные сайты операторов связи соседних государств, данные Росстата о численности населения городов и результаты внешнего (международного) сканирования топологии российского сегмента Интернета, представленные на сайте «Эксперт Связи»<sup>2</sup>. Все исходные данные фик-

<sup>1</sup> Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям // Федеральная служба государственной статистики. URL: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/afc8ea004d56a39ab251f2bafc3abfce](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/afc8ea004d56a39ab251f2bafc3abfce) (дата обращения: 15.09.2017).

<sup>2</sup> Автономные системы (Россия) // Эксперт Связи. URL: <http://www.expertsvyazi.ru/index.php?id=bgpcity> (дата обращения: 02.01.2017).

сировались по состоянию на 1 января 2017 года. Итоги проведенного исследования излагаются в следующей последовательности: уровни связности городов, влияние трансграничных переходов на разные уровни связности, обсуждение полученных результатов и основные выводы.

### Связность городов

Ранее было установлено, что существуют физический, экономический и социальный уровни информационно-коммуникационной связности [2]. В ходе дальнейших исследований удалось выявить четвертый уровень — цифровую связность [3]. В статье будут проанализированы все уровни, кроме социальной связности. Отсутствие исходных сведений (обмен данными, голосовая и видеосвязь) по взаимодействию всех граждан России между собой и с зарубежными пользователями не позволяет провести агрегирование по городам. Возможно, такое исследование будет выполнено, когда «большие данные» операторов всех видов связи станут «открытыми данными» [4].

Под физической связностью понимается возможность направления информационного потока из одного города в любой другой по линиям электро-связи. Если хотя бы один город государства не связан линиями электро-связи с остальными, то следует констатировать отсутствие связности. Для ее восстановления можно воспользоваться выходом через трансграничные переходы на зарубежные сети. Восстановление будет реализовано только при условии, что имеются как минимум два перехода, к одному из которых подключен проблемный город, а второй переход через зарубежные линии связи позволяет соединить этот город с сетью государства. Такое понимание зависимости физической связности от трансграничных переходов дает основание выделить три категории: внутренне достаточную, внутренне проблемно-достаточную и внешне обусловленную связность (рис. 1).

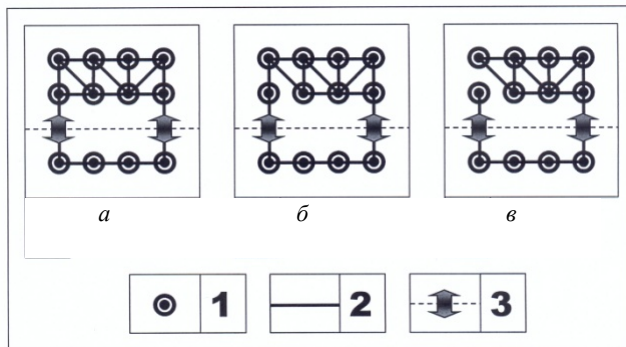


Рис. 1. Информационно-коммуникационная связность городов с учетом зарубежных линий связи:

*a* — внутренне достаточная; *b* — внутренне проблемно-достаточная; *v* — внешне обусловленная;  
1 — город; 2 — линия связи; 3 — государственная граница с трансграничным переходом

Источник: составлено автором.

Первая категория связности (рис. 1, *a*) отражает ситуацию, в которой каждый город рассматриваемого государства имеет как минимум две линии связи

до ближайших городов. Это обеспечивает связность за счет внутренних линий, а трансграничные переходы лишь повышают ее степень (количество маршрутов между всеми городами). Во втором случае (рис. 1, б) город (несколько городов) соединяется одной линией с другим городом государства, а другой — с зарубежным городом. В этом случае связность сохраняется, но она является проблемной из-за всегда существующей вероятности повреждения единственной внутренней линии связи. Если такое повреждение произойдет, то возникнет внешне обусловленная связность (рис. 1, в). Вне перечисленных категорий осталась ситуация отсутствия соединения города с остальными городами как посредством внутренних, так и внешних линий связи, поскольку это не относится к трансграничным переходам и всеобщей связности. Для количественной оценки социальной значимости второй и третьей категорий можно использовать отношение числа проблемных городов к общему количеству городов или численности населения проблемных городов к суммарному населению всех городов. Например, если во вторую или третью категорию попадает один российский город с 10 тыс. жителей, то значимость этого случая для всей системы городов России составит 0,09% ( $1 : 1112 = 0,000899$ ) или 0,01% ( $10000 : 101854049 = 0,000098$ ).

Экономическая связность определяется отношениями между операторами связи, которые устанавливаются при покупке, продаже и обмене трафика. Любой оператор может соединяться со множеством как отечественных, так и зарубежных операторов исходя из экономической целесообразности, поэтому наличие физической связности городов еще не гарантирует экономическую связность. Вполне возможна ситуация, когда государство имеет внутренне достаточную физическую связность (рис. 1, а), на которую накладывается внешне обусловленная экономическая (рис. 1, в). Это обосновывает необходимость изучения второго уровня связности. Для данного уровня характерно то, что оператор может обладать локальной (в пределах одного города) или региональной (соединение нескольких городов) сетью. Во втором случае все данные об операторе относятся к городу — центру региональной сети. По международной классификации независимая сеть одного оператора называется «автономной системой» и ей присваивается идентификационный номер (Autonomous System Number, ASN). Например, AS8506 — это сеть Иркутского научного центра СО РАН в пределах одного города, а AS31214 — региональная сеть ООО «ТИС-Диалог» (Калининград). Агрегирование данных по связям всех ASN одного города позволяет определить меру его связи (в процентах) с остальными отечественными и зарубежными городами. Здесь возможны четыре типа связности: (а) внутренняя (100% трафика город получает от отечественных ASN); (б) преимущественно внутренняя (более 50% от отечественных автономных систем); (с) преимущественно внешняя (более 50% от зарубежных систем); (д) внешняя (100% от зарубежных ASN).

Эти же типы могут быть отнесены к государству за счет суммирования данных о получении трафика всеми городами.

Выделение цифровой связности обусловлено необходимостью учета информационно-коммуникационных услуг, реализуемых при наличии физической и экономической связностей. Здесь важно понимать, что соединение двух городов линией электросвязи и перераспределение между ними трафика еще не означает, что услуги, генерируемые в одном городе, могут предоставляться другому городу. В данном случае речь идет о прорывных информационно-коммуникационных технологиях и порождаемых ими будущих услугах: «Тактиль-

ном Интернете», «Интернете нановещей», виртуальной реальности, дополненной реальности, голографических звонках, интерактивных приложениях для абонентских устройств сети 5G, «электронном здоровье» (e-health) и беспилотном скоростном транспорте [5—10]. К этому перечню можно добавить необходимость управления цифровыми агломерациями [3], объединяющими «умные» города [11—15]. Все эти технологии очень чувствительны к качеству связи (скорости, доле потерянных данных, задержке сигнала и колебаниям задержки [16]), но особенно — к величине задержки [17]. По рекомендации Международного союза электросвязи [18] задержка сигнала для прорывных технологий типа «Тактильного Интернета» не должна превышать 1 мс (1 миллисекунда = 0,001 секунды). Эта задержка, названная «сверхмалой» [17], определяет максимальное удаление городов от центра генерации новых услуг. Так, города, находящиеся в пределах изохроны 1 мс, имеют цифровую связность, а вне этих пределов — не имеют. Для расчета величины задержки использовалась формула из [17], а особенности ее применения для определения связности городов были изложены нами ранее [3].

### Физическая связность

При анализе связности на уровне линий электросвязи (ВОЛС) следует учитывать, что существует два типа таких линий: сухопутные (собственно ВОЛС) и подводные (ПВОЛС). Они пересекают государственную границу Российской Федерации и тем самым формируют трансграничные переходы. Точное количество всех трансграничных переходов неизвестно (в одном из открытых источников упоминается число 89 [1]). Большинство переходов являются второстепенными, не оказывающими влияния на связность российских городов. К таковым относятся трансграничные переходы, формируемые правительственной связью, ведомственными (например, ВОЛС компании «Транснефть» вдоль магистрального нефтепровода Узень — Атырау — Самара, «тупиковыми» (не имеющими стыка с линиями третьих стран, выходящими на другие российские города; к примеру, ВОЛС из России в Абхазию или Южную Осетию), «устаревшими» (с низкой пропускной способностью, не удовлетворяющей современным требованиям; например, ПВОЛС 1993 года Кингисепп — Копенгаген или ПВОЛС 1994 года Новороссийск — Стамбул — Палермо с ответвлением на Одессу) и временно не используемыми линиями связи. Таким образом, основных переходов, созданных магистральными операторами связи, не так много (табл. 1). В их число включен не совсем прозрачный переход в Северную Корею (создан компанией «ТрансТелеКом»), так как он с некоторой вероятностью соединен со стыком северокорейской сети с информационно-коммуникационной сетью Китая. Помимо этого некоторые выделенные нами переходы, объединяющие географически близкие стыки разных российских операторов, при иных способах подсчета рассматриваются как отдельные (например, российско-азербайджанскую границу примерно в одном месте пересекают четыре параллельные линии связи: Франкфурт-на-Майне — Берлин — Варшава — Киев — Махачкала — Баку — Тегеран — Маскат кабельной системы «Europe-Persia Express Gateway», Махачкала — Баку компаний «ТрансТелеКом» и «Delta Telecom», Махачкала — Баку компаний «Ростелеком» и «Delta Telecom», Дербент — Баку компаний «Мегафон» и «Delta Telecom»).

Таблица 1

**Основные трансграничные оптоволоконные переходы,  
соединяющие Россию с соседними странами (на 1 января 2017 года)**

Переход	Тип	Соседняя страна	Ближайший крупный зарубежный город или столица
1. Люття — Вартиус	1	Финляндия	Хельсинки
2. Светогорск — Имагра	1	Финляндия	Хельсинки
3. Перово — Лаппеэранта	1	Финляндия	Хельсинки
4. Бусловская — Вайниккала	1	Финляндия	Хельсинки
5. Логи — Котка	2	Финляндия	Хельсинки
6. Ивангород — Нарва	1	Эстония	Таллин
7. Советск — Пагегай	1	Литва	Рига
8. Нестеров — Кибартай	1	Литва	Рига
9. Мамоново — Бранево	1	Польша	Варшава
10. Печоры-Псковские — Койдула	1	Эстония	Таллин
11. Пыталово — Резекне	1	Латвия	Рига
12. Велиж — Сураж	1	Беларусь	Минск
13. Гусино — Обухово	1	Беларусь	Минск
14. Помятовка — Звенчатка	1	Беларусь	Минск
15. Суземка — Зерново	1	Украина	Киев
16. Глушково — Волфино	1	Украина	Киев
17. Красный Хутор — Казачья Лопань	1	Украина	Харьков
18. Гуково — Красная Могила	1	Украина	Донецк
19. Сочи — Поты	2	Грузия	Тбилиси
20. Яраг-Казмалар — Самур	1	Азербайджан	Баку
21. Аксарайская 2 — Ганюшкино	1	Казахстан	Астана
22. Эльтон — Сайхин	1	Казахстан	Астана
23. Озинки — Семиглавый Мар	1	Казахстан	Астана
24. Илецк-1 — Шынгырлау	1	Казахстан	Астана
25. Сагарчин — Яйсан	1	Казахстан	Астана
26. Союзное — Союзное	1	Казахстан	Астана
27. Золотая Сопка — Селекционная	1	Казахстан	Астана
28. Зауралье — Зерновая	1	Казахстан	Астана
29. Казанское — Соколовка	1	Казахстан	Астана
30. Исилькуль — Булаево	1	Казахстан	Астана
31. Кулунда — Шарбакты	1	Казахстан	Астана
32. Рубцовск — Семей	1	Казахстан	Астана
33. Наушки — Сухэ-Батор	1	Монголия	Улан-Батор
34. Забайкальск — Маньчжурия	1	Китай	Цицикар
35. Благовещенск — Хэйхэ	2	Китай	Хэйхэ
36. Хабаровск — Фуюань	2	Китай	Цзямусы
37. Гродеково — Суйфэньхэ	1	Китай	Муданьцзян
38. Хасан — Туманган	1	КНДР	Чхонджин
39. Находка — Наоэцу (Дзээцу)	2	Япония	Ниигата
40. Невельск — Исикари	2	Япония	Саппоро

*Примечание.* Тип 1 — сухопутная линия связи, тип 2 — подводная волоконно-оптическая. Указан пограничный переход, расположенный ближе всего к месту пересечения государственной границы линией электросвязи.

Источник: составлено автором по данным магистральных операторов связи Российской Федерации и соседних стран.

Все основные трансграничные переходы (кроме тех, которые расположены в Калининградской области) соединены внутренними магистральными ВОЛС (рис. 2), что формирует множество вариантов перенаправления информационных потоков в случае проблем с некоторыми переходами. Благодаря этому информационно-коммуникационная сеть России в целом является достаточно устойчивой к отдельным негативным внешним воздействиям. Тем не менее физическая связность российских городов может быть отнесена только к категории внешне обусловленной связности (см. рис. 1, в, с. 6). Причина в том, что все города Калининградской области соединяются с остальными российскими городами только через зарубежные линии связи. Оценка значимости отсутствия прямой связи с Калининградской областью составляет 1,98% относительно общего количества российских городов и 0,74% по численности населения всех городов. Если же оперировать возможностью соединения каждой пары российских городов, то на 22 города Калининградской области приходится 3,88% всех связей ( $23980 : 617716 = 0,038820$ ). Приведенные значения (1,98; 0,74; 3,88) указывают на очень слабое влияние трансграничных переходов на физическую связность российских городов.

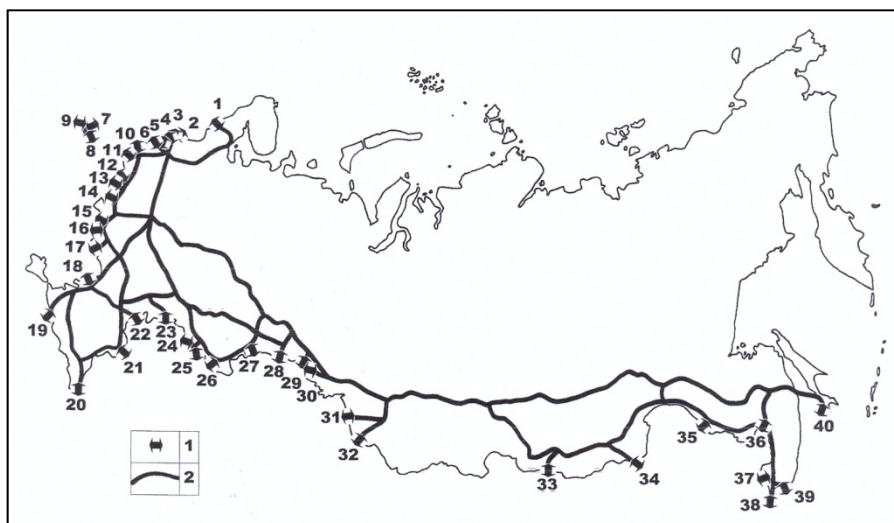


Рис. 2. Основные трансграничные переходы и соединяющие их волоконно-оптические линии связи России (на 1 января 2017 года): 1 — трансграничный переход; 2 — линия связи; номера переходов соответствуют таблице 1

Источник: составлено автором по отчетам магистральных операторов связи России и сопредельных государств.

### Экономическая связность

На данном уровне изучается экономически целесообразное взаимодействие (обмен трафиком) между автономными системами, принадлежащими разным операторам связи. Ранее распределение ASN по территории оценивалось для определения количества таких систем и IP-сетей на единицу площади [19] или городскую агломерацию [20], выявления иерархии городов [21], моделирования развития сетей [22] и определения индекса специализации региона на телекоммуникационных услугах [23]. Однако в указанных работах связ-

ность территориально распределенных ASN не анализировалась через экономические отношения операторов связи. При этом надо понимать, что именно за счет связности автономных систем Интернет функционирует как единая сеть [24]. Единственная попытка анализа взаимодействия ASN с позиции связности была предпринята при идентификации возможности существования Сибнет как сегмента Интернета [2].

Поскольку центры управления автономными системами размещаются не в каждом российском городе, а только в 299 (остальные города обслуживались из этих центров), то анализ информационно-коммуникационной связности на экономическом уровне проводился относительно данного числа городов. Их распределение по типам экономической связности было следующим: 230 городов получали весь трафик (100%) от отечественных ASN, что соответствовало типу (а), 65 — преимущественно (более 50%) от российских автономных систем (b), 4 (Покров Владимирской области, Нижнекамск Республики Татарстан, Кузнецк Пензенской области и Саяногорск Республики Хакасия) — полностью (100%) от зарубежных ASN (d). Что касается третьего типа (с), то он не встречался среди российских городов — центров автономных систем (более 50% от зарубежных систем). Таким образом, от трансграничных переходов полностью зависело 1,34% рассмотренных городов.

При перераспределении информационных потоков одни операторы предоставляют трафик от своих автономных систем (их называют «аплинками» от англ. uplink), а другие, соответственно, получают этот трафик (их называют «даунлинками» от англ. downlink). Так формируются отношения между операторами связи, которые в автоматическом режиме фиксируются на «полном снимке» топологии Интернет (BGP Full View)<sup>3</sup>. Эти данные позволяют определить зарубежные ASN, предоставляющие трафик российским операторам (табл. 2). В данном случае большинство таких операторов зарегистрировано в Москве. Если перейти от автономных систем к городам, то 299 поселений имеют 823 связи, из которых 191 приходится на зарубежные города. При таком подсчете влияние трансграничных переходов на всю систему отечественных городов возрастает до 23,21%.

Таблица 2

**Зарубежные автономные системы (аплинки), предоставлявшие интернет-трафик наибольшему количеству российских систем (даунлинков) (на 1 января 2017 года)**

Зарубежный аплинк		Количество зарегистрированных российских даунлинков		
Номер	Наименование	Москва	Санкт-Петербург	Остальные города
AS9002	RETN	137	45	75
AS1299	TeliaSonera	73	11	30
AS6939	Hurricane Electric	28	7	18
AS50384	W-IX	16	2	13
AS3356	Level3	16	4	2
AS174	Cogent Communications	13	3	4
AS13030	Init Seven	10	4	1
AS25160	Vorboss	9	5	1

Источник: рассчитано автором на основе данных: Автономные системы (Россия). URL: <http://www.expertsvyazi.ru/index.php?id=bgpcity>

<sup>3</sup> Автономные системы (Россия).



Для привязки аплинк/даунлинк-отношений операторов связи к трансграничным переходам можно воспользоваться данными о точках обмена трафиком<sup>4</sup>. Те российские ASN, которые для ускорения обмена трафиком подключены к отмеченным точкам, в основном используют отечественные ресурсы. В России точки обмена трафиком (Internet eXchange Point, IXP) размещены в Москве (4 точки), Санкт-Петербурге (4), Воронеже (2), Красноярске (2), Новосибирске (2), Владивостоке (1), Владимире (1), Екатеринбурге (1), Казани (1), Краснодаре (1), Нижнем Новгороде (1), Омске (1), Ростове-на-Дону (1), Самаре (1), Ставрополе (1) и Ульяновске (1). В мире наиболее крупными IXP являются AMS-IX (Амстердам, Нидерланды; к этой точке подключено 616 ASN), DE-CIX Frankfurt (Франкфурт-на-Майне, Германия; 513), LINX Juniper LAN (Лондон, Великобритания; 500), MSK-IX (Москва, Россия; 420) и PTTMETRO San Paulo (Сан-Паулу, Бразилия; 265). При этом только к шести зарубежным точкам обмена трафиком подключено не менее пяти российских автономных систем (табл. 3).

Таблица 3

**Зарубежные точки обмена трафиком,  
к которым подключено наибольшее количество автономных систем России  
(на 1 января 2017 года)**

Точка обмена трафиком	Город	Количество российских зарегистрированных автономных систем		
		Москва	Санкт-Петербург	Остальные города
De-CIX Frankfurt	Франкфурт-на-Майне	28	4	2
AMS-IX	Амстердам	19	4	1
LINX Juniper LAN	Лондон	14	3	0
NetNod Stockholm	Стокгольм	7	2	0
DTEL-IX	Киев	5	1	2
LINX Extreme LAN	Лондон	5	1	0

Источник: рассчитано автором по: *Точки обмена трафиком (IX) // Эксперт Связи*. URL: <https://www.expertsvyazi.ru/index.php?id=bgp2ix> (дата обращения: 02.01.2017).

Если определить кратчайший маршрут по линиям электросвязи между каждым из 69 российских городов-центров ASN, получающих трафик из-за границы, и зарубежными IXP, то можно выявить основные направления информационных потоков: Стокгольм — Хельсинки — Санкт-Петербург, Амстердам — Берлин — Варшава — Псков, Франкфурт-на-Майне — Смоленск, Франкфурт-на-Майне — Будапешт — Киев — Белгород и Лондон — Париж — Франкфурт-на-Майне — Вена — Киев — Ростов-на-Дону. Отсюда следует, что основными местами доставки зарубежных информационных потоков к государственной границе России являются трансграничные переходы №4, 10, 11, 13, 17 и 18 (номера даны по табл. 1). С учетом того, что основной трафик из-за границы направляется операторам Москвы и Санкт-Петербурга (табл. 3), а затем перераспределяется по остальным российским городам, прямое воздействие зарубежных автономных систем на российские города можно признать не очень большим. В пересчете на количество ASN, получающих трафик из-за рубежа, получается 5,16% ( $136: 2636 = 0,051593$ ), что соответствует типу (b).

<sup>4</sup> *Точки обмена трафиком (IX) // Эксперт Связи*. URL: <https://www.expertsvyazi.ru/index.php?id=bgp2ix> (дата обращения: 02.01.2017).

## Цифровая связность

Развитие информационно-коммуникационных технологий в последнее десятилетие привело к тому, что изучение первых двух уровней недостаточно для понимания феномена связности. Искусственный интеллект, межмашинный обмен данными и другие атрибуты четвертой промышленной революции [25—28] задают новые стандарты связности. Для их понимания необходимы другие критерии связности, один из которых — задержка сигнала. Оперирование сверхмалыми задержками позволяет выделять цифровые агломерации городов [3]. При таком подходе внутри агломераций поддерживается связность городов, а вне агломераций — нет.

Цифровая агломерация формируется ядром (город с численностью населения более 500 тыс. человек или от 250 до 500 тыс. жителей при наличии город-спутников сопоставимой суммарной людности) и взаимодействующими (по линиям электросвязи) с ним городами, задержка сигнала от ядра до которых не превышает 1 мс. В ходе специального исследования [3] было установлено, что в Российской Федерации можно выделить 43 цифровые агломерации. Они объединяют 736 городов. При этом учитывались только отечественные города и задержка сигнала между ними. Однако процессы глобализации приводят к тому, что нельзя исключать влияние зарубежных ядер на российские города. Если какой-то отечественный город расположен недалеко от трансграничного оптоволоконного перехода, за которым находится ядро соседнего государства, то может сложиться ситуация, когда задержка сигнала от отечественного ядра будет больше, чем от иностранного. Тогда российский город потенциально может войти (в информационно-коммуникационном смысле) в зарубежную цифровую агломерацию.

Для проверки возможности существования такой ситуации были определены крупные зарубежные города (более 500 тыс. жителей на 1 января 2017 года) или столицы (в некоторых из них было менее 0,5 млн горожан), ближе всего расположенные (по линиям электросвязи) к основным трансграничным переходам (см. последний столбец табл. 1). Расчеты величины задержки сигнала между этими ядрами и всеми российскими городами показали, что имеется 10 городов, для которых зарубежные ядра расположены ближе центров российских цифровых агломераций. Это шесть городов Белгородской области (Белгород, Валуйки, Грайворон, Короча, Новый Оскол и Шебекино; задержка сигнала от Харькова меньше, чем от Курска) и четыре города Амурской области (Белогорск, Благовещенск, Завитинск и Райчихинск; для них Хэйхэ предпочтительнее Хабаровска по задержке сигнала). Условная оценка влияния трансграничных переходов, через которые российские города «притягиваются» к зарубежным ядрам, на цифровую связность всех городов России составляет 0,90% по количеству городов ( $10 : 1112 = 0,008993$ ) и 0,80% по численности горожан ( $818624 : 101854049 = 0,008037$ ).

## Обсуждение результатов

Каждый из трех уровней связности по-разному реагирует на информационные потоки через трансграничные переходы. Условные оценки такого реагирования могут быть уточнены за счет использования других источников исходных данных или в результате создания новых линий связи. Так, например, физическая связность городов Российской Федерации может быть переведена в более высокую — вторую — категорию (см. рис. 1, б, с. 6) в результате соединения Санкт-Петербурга и Калининграда посредством ПВОЛС, проложенной по дну Балтийского моря. Если это произойдет, то в России будет 31 проб-

лемный город (в плане переключения на зарубежные сети в случае повреждения российской линии связи). К 22 городам Калининградской области добавятся Гуково, Дагестанские Огни, Дербент, Ивангород, Избербаш, Исилькуль, Макушино, Невельск и Печоры. Тогда влияние трансграничных переходов на физическую связность второй категории будет составлять 2,79% по числу городов ( $31: 1112 = 0,027878$ ) и 1,14% по людности ( $1157718: 101854049 = 0,011366$ ). Еще одно уточнение влияния переходов можно связать с будущим использованием «больших данных», когда появится возможность оперирования количественными значениями информационных потоков по ВОЛС каждого российского оператора связи. Это позволит ранжировать трансграничные переходы по их информационно-коммуникационной значимости для системы российских городов. Отдельное направление исследований будет осуществимо при анализе многолетней динамики ввода в эксплуатацию трансграничных линий электросвязи и соответствующем изменении физической связности.

Преимущественно внутренняя экономическая связность городов России, скорее всего, сохранится как при использовании других способов учета взаимодействия операторов связи, так и возможном будущем ужесточении государственного регулирования в этой сфере. Определенные перспективы на данном уровне связаны и с раскрытием «больших данных», что позволит опереться на сведения о межоператорском обмене трафиком. Отдельной проблемой является недоступность исходных данных о направленности информационных потоков внутри автономной системы. Если эти данные откроют, можно будет оценить взаимодействие между всеми российскими городами, а не только между городами-центрами ASN. В выполненном исследовании также не проводилось определение трендов изменения трафика между городами. Вместе с тем представляется очень перспективным сравнение динамики создания трансграничных переходов и линий связи с трендами изменения трафика. Это позволит сравнить два уровня связности, что в статье не сделано. А с учетом построения хронологических рядов пульсирования размера (состава) цифровых агломераций, возможно и сравнение уже трех уровней.

Поскольку прорывные информационно-коммуникационные технологии типа «Тактильного Интернета» и создание «умных» городов только ожидают своего внедрения, вероятно, что для делимитации цифровых агломераций и, соответственно, оценки цифровой связности потребуются использовать критерии, не связанные с задержкой сигнала. Не все ясно и с созданием ядер в соседних государствах. Более того, в исследовании принято допущение о примерной синхронности формирования ядер в России и за рубежом, но в будущем это не гарантировано. Не исключено, что при задержке данных процессов в России, другие государства смогут вырваться вперед в этой сфере. С учетом параллельного открытия новых трансграничных переходов может создаться положение, при котором значительно большее число российских городов окажется в зонах влияния зарубежных ядер, чем по приведенным выше расчетам.

## Заключение

Первую попытку оценить влияние трансграничных оптоволоконных переходов на поддержание информационно-коммуникационной связности российских городов следует рассматривать как своего рода введение в совершенно новую проблематику. Ранее пограничные переходы, линии электросвязи, автономные системы, трафик, «умные» объекты и города рассматривались вне взаимообусловленного единства в контексте связности пространства. В силу пионерного характера исследования многие вопросы остались неизученными, что задает векторы дальнейшего исследования. Главные среди них — изучение взаимосвязей между всеми уровнями связности, моделирование устойчи-

вости информационно-коммуникационной сети России к блокировке трансграничных переходов и оценка влияния переходов на социальную связность городов. Что касается основных итогов уже выполненной работы, то в первую очередь следует отметить очень слабое информационно-коммуникационное влияние трансграничных переходов на систему российских городов. При оперировании только количеством городов получились следующие оценки: на уровне физической связности 22 города (все в Калининградской области) не имеют соединения по отечественным линиям связи с остальными городами, автономные системы 4 городов получают трафик только из-за границы и 10 городов находятся под потенциальным влиянием зарубежных ядер цифровых агломераций. Несмотря на столь незначительное влияние трансграничных переходов на связность 1112 городов, выявлен ряд негативных моментов: наличие внешне обусловленной физической связности (самая неудовлетворительная категория), относительно высокий удельный вес зарубежного трафика при его фиксации по локальным и региональным сетям (до четверти всех связей российских автономных систем приходится на соединение с зарубежными сетями) и ориентация исключительно на западноевропейские точки обмена трафиком (Франкфурт-на-Майне, Амстердам, Лондон и Стокгольм) без диверсификации информационных потоков (Гонконг, Шанхай и Токио в настоящее время используются как резервные точки обмена трафиком).

*Статья подготовлена при финансовой поддержке Отделения гуманитарных и общественных наук РФФИ в рамках проекта №17-03-00307-ОГН «Оценка социально-географических последствий нарушения связности информационно-коммуникационного пространства России».*

#### Список литературы

1. Макарова О. Уязвимость Интернета: мифы и реальность // Индекс безопасности. 2015. Т. 21, №4. С. 75—98.
2. Блануца В.И. Существует ли «Сибнет» как сегмент Интернета? Определение связности автономных систем Сибири // Известия Иркутского государственного университета. Сер.: Политология. Религиоведение. 2017. Т. 22. С. 195—202.
3. Блануца В.И. Территориальная структура цифровой экономики России: предварительная делимитация «умных» городских агломераций и регионов // Пространственная экономика. 2018. №2. С. 17—35. doi: 10.14530/se.2018.2.017-035.
4. Kitchin R. The Data Revolution: Big Data, Open Data, Data Infrastructures and Their Consequences. Los Angeles, 2014.
5. *Handbook of Augmented Reality* / ed. B. Furht. N. Y., 2011.
6. *The Tactile Internet: IITU-T Technology Watch Report*, August 2014. Geneva, 2014.
7. Фокин С.Ю., Киричек Р.В. Обзор медицинских приложений, устройств и технологий связи Интернета Вещей // Информационные технологии и телекоммуникации. 2016. Т. 4, №4. С. 67—80.
8. Ястребова А.А., Выборнова А.И., Киричек Р.В. Обзор концепции Тактильного Интернета и технологий для его реализации // Информационные технологии и телекоммуникации. 2016. Т. 4, №4. С. 89—96.
9. Martin M., Mahfuzulhoq C., Bhaskar P., Dung P. The Tactile Internet: vision, recent progress, and open challenges // IEEE Communications Magazine. 2016. Vol. 54, №5. P. 138—145.
10. Ахмед А.А., Блинников М.А., Пирмагомедов Р.Я., Глушаков Р.И., Кучерявый А.Е. Обзор современного состояния e-health // Информационные технологии и телекоммуникации. 2017. Т. 5, №3. С. 1—13.
11. Hall R.E. The vision of a smart city // Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Life Extension Technology Workshop (Paris, France, September 28, 2000). P., 2000. P. 1—6.
12. Vanolo A. Smartmentality: The smart city as disciplinary strategy // Urban Studies. 2014. Vol. 51, №5. P. 883—898. doi: 10.1177/0042098013494427.
13. Albino V., Berardi U., Dangelico R.M. Smart cities: definitions, dimensions, performance, and initiatives // Journal of Urban Technology. 2015. Vol. 22, №1. P. 3—21. doi: 10.1080/10630732.2014.942092.

14. *Trivellato B.* How can “smart” also be socially sustainable? Insights from the case of Milan // *European Urban and Regional Studies*. 2017. Vol. 24, №4. P. 337—351. doi: 10.1177/0969776416661016.
15. *Batty M.* Artificial intelligence and smart cities // *Environmental and Planning B: Urban Analytics and City Science*. 2018. Vol. 45, №1. P. 3—6.
16. *Тихвинский В. О., Бочечка Г. С.* Перспективы сетей 5G и требования к качеству их обслуживания // *Электросвязь*. 2014. №11. С. 40—43.
17. *Кучерявый А. Е., Маколкина М. А., Киричек Р. В.* Тактильный Интернет. Сети связи со сверхмалыми задержками // *Электросвязь*. 2016. №1. С. 44—46.
18. *Recommendation ITU-T Y.1541.* Network Performance Objectives for IP-based Services. Geneva, 2011.
19. *Yook S.-H., Jeong H., Barabasi A.-L.* Modeling the Internet’s large-scale topology // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2002. Vol. 99, №21. P. 13382—13386.
20. *Malecki E.J.* The economic geography of the Internet’s infrastructure // *Economic Geography*. 2002. Vol. 78, №4. P. 399—424.
21. *Choi J.H., Barnett G.A., Chon B.-S.* Comparing world city networks: a network analysis of Internet backbone and air transport intercity linkages // *Global Networks*. 2006. Vol. 6, №1. P. 81—99.
22. *Vinciguerra S., Frenken K., Valente M.* The geography of Internet infrastructure: an evolutionary simulation approach based on preferential attachment // *Urban Studies*. 2010. Vol. 47, №9. P. 1969—1984.
23. *Блануца В. И.* Территориальная структура специализации российских регионов на телекоммуникационных услугах // *Региональные исследования*. 2017. №1. С. 16—24.
24. *Chang H., Jamin S., Wilinger W.* Internet connectivity at the AS-level: An optimization-driven modeling approach // *Proceedings of the ACM SIGCOMM Workshop on Models, Methods and Tools for Reproducible Network Research* (Karlsruhe, Germany, August 25—27, 2003). N. Y., 2003. P. 33—46.
25. *Zuehlke D.* SmartFactory — towards a factory-of-things // *Annual Reviews in Control*. 2010. Vol. 34, №1. P. 129—138. doi: 10.1016/j.arcontrol.2010.02.008.
26. *Kagermann H., Wahlster W., Helbig J.* (Hrsg.). Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. Frankfurt a/M, 2013.
27. *Schwab K.* The Fourth Industrial Revolution. N. Y., 2017.
28. *Liao Y., Deschamps S., Loures E.F.R., Ramos L.F.R.* Past, present and future of Industry 4.0 — a systematic literature review and research agenda proposal // *International Journal of Production Research*. 2017. Vol. 55, №12. P. 3609—3629. doi: 10.1080/00207543.2017.1308576.

### Об авторе

*Виктор Иванович Блануца*, доктор географических наук, ведущий научный сотрудник, Институт географии им. В. Б. Сочавы Сибирского отделения Российской академии наук, Россия.

E-mail: [blanutsa@list.ru](mailto:blanutsa@list.ru)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3958-216X>

### Для цитирования:

*Блануца В. И.* Влияние трансграничных оптоволоконных переходов на информационно-коммуникационную связность городов России // *Балтийский регион*. 2018. Т. 10, №4. С. 4—19. doi: 10.5922/2079-8555-2018-4-1.



THE EFFECT OF CROSS-BORDER FIBRE-OPTIC TRANSITIONS  
ON THE INFORMATION AND COMMUNICATION CONNECTIVITY  
OF THE RUSSIAN CITIES

V. I. Blanutsa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> V. B. Sochava Institute of Geography, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences  
1 Ulan-Batorskaya St., Irkutsk, 664033, Russia

Submitted on June 01, 2018

doi: 10.5922/2079-8555-2018-4-1

*The Russian cities are connected by many telecommunication lines. The information flow between any two cities can be sent via multiple routes, including those running through the networks of other countries. Cross-border transitions are created to connect the Russian lines with the international networks. The effect of these transitions on the connectivity of the cities has not been analysed earlier, either for Russia or for any other country. Using my own database on the Russian telecommunication lines, the Rosstat data on the cities' population, and the results of the scanning of the Internet topology, I attempt to assess the effect of these transitions on the connectivity of the Russian cities. The assessment is carried out at the physical, economic, and digital levels of connectivity. For each level, I calculate the proportion of cities and their residents interacting directly with international telecommunication networks. Of the three categories of physical connectivity, the system of the Russian cities is associated with the worst option — the exogenous connectivity. This is explained by the impossibility of connecting the Kaliningrad region with mainland Russia without using international networks. An analysis of the traffic redistribution between the core cities of the autonomous systems shows that closed flows and internal economic connectivity are predominant in Russia. The calculation of information flow delays between all the Russian cities and the cores of the national and international digital agglomerations makes it possible to establish what cities are affected by the international cores. I conclude that the cross-border transitions have little effect on the information and communication connectivity of the Russian cities.*

**Keywords:** information and communication connectivity, cross-border transition, telecommunications line, autonomous system, digital urban agglomeration, Russian Federation

#### References

1. Makarova, O. 2015, Vulnerability of the Internet: myths and reality, *Indeks bezopasnosti* [Index of Security], Vol. 21, no. 4, p. 75—98 (in Russ.).
2. Blanutsa, V. I. 2017, Does “Sibnet” exist as a segment of the Internet? Determination of connectivity for Siberian Autonomous Systems, *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Politologiya. Religiovedenie* [Proceedings of the Irkutsk State University. Series: Political science. Religious studies], no. 22, p. 195—202 (in Russ.).
3. Blanutsa, V. I. 2018, Territorial structure of the Russian digital economy: preliminary delimitation of “smart” urban agglomerations and regions, *Prostranstvennaya ehkonomika* [Spatial Economics], no. 2, p. 17—35 (in Russ.). doi: 10.14530/se.2018.2.017-035.
4. Kitchin, R. 2014, *The Data Revolution: Big Data, Open Data, Data Infrastructures and Their Consequence*, Los Angeles, SAGE Publ., p. 222.
5. Furht, B. (ed.) 2011, *Handbook of Augmented Reality*, New York, Springer, p. 769.
6. *The Tactile Internet: ITU-T Technology Watch Report*, 2014, Geneva, ITU, p. 24.
7. Fokin, S. Yu., Kirichek, R. V. 2016, Overview of medical applications, devices and communication technologies for the Internet of Things, *Informacionnye tekhnologi i telekommunikacii* [Information Technology and Telecommunications], Vol. 4, no. 4, p. 67—80 (in Russ.).

8. Yastrebova, A. A., Vybornova, A. I., Kirichek, R. V. 2016, Review of the concept of Tactile Internet and technologies for its implementation, *Informacionnye tekhnologii i telekommunikacii* [Information Technologies and Telecommunications], Vol. 4, no. 4, p. 89—96 (in Russ.).
9. Martin, M., Mahfuzulhoq, C., Bhaskar, P., Dung, P. 2016, The Tactile Internet: vision, recent progress, and open challenges, *IEEE Communications Magazine*, Vol. 54, no. 5, p. 138—145.
10. Akhmed, A. A., Blinnikov, M. A., Pirmagomedov, R. Ya., Glushakov, R. I., Kucheryavy, A. E. 2017, Review of the e-health' current state, *Informacionnye tekhnologii i telekommunikacii* [Information Technologies and Telecommunications], Vol. 5, no. 3, p. 1—13 (in Russ.).
11. Hall, R. E. 2000, The vision of a smart city, *Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Life Extension Technology Workshop*, Paris, France, September 28, 2000, Paris, p. 1—6.
12. Vanolo, A. 2014, Smartmentality: The smart city as disciplinary strategy, *Urban Studies*, Vol. 51, no. 5, p. 883—898. doi: 10.1177/0042098013494427.
13. Albino, V., Berardi, U., Dangelico, R. M. 2015, Smart cities: definitions, dimensions, performance, and initiatives, *Journal of Urban Technology*, Vol. 22, no. 1, p. 3—21. doi: 10.1080/10630732.2014.942092.
14. Trivellato, B. 2017, How can “smart” also be socially sustainable? Insights from the case of Milan, *European Urban and Regional Studies*, Vol. 24, no. 4, p. 337—351. doi: 10.1177/0969776416661016.
15. Batty, M. 2018, Artificial intelligence and smart cities, *Environmental and Planning B: Urban Analytics and City Science*, Vol. 45, no. 1, p. 3—6.
16. Tikhvinsky, V. O., Bochechka, G. S. 2014, Prospects for 5G networks and requirements for quality of their service, *Elektrosvyaz* [Telecommunications], no. 11, p. 40—43 (in Russ.).
17. Kucheryavy, A. E., Makolkina, M. A., Kirichek, R. V. 2016, Tactile Internet. Communication networks with extremely small delays, *Elektrosvyaz* [Telecommunications], no. 1, p. 44—46 (in Russ.).
18. *Recommendation ITU-T Y.1541. Network Performance Objectives for IP-based Services*, 2011, Geneva, ITU, p. 57.
19. Yook, S.-H., Jeong, H., Barabasi, A.-L. 2002, Modeling the Internet's large-scale topology, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Vol. 99, no. 21, p. 13382—13386.
20. Malecki, E. J. 2002, The economic geography of the Internet's infrastructure, *Economic Geography*, Vol. 78, no. 4, p. 399—424.
21. Choi, J. H., Barnett, G. A., Chon, B.-S. 2006, Comparing world city networks: a network analysis of Internet backbone and air transport intercity linkages, *Global Networks*, Vol. 6, no. 1, p. 81—99.
22. Vinciguerra, S., Frenken, K., Valente, M. 2010, The geography of Internet infrastructure: an evolutionary simulation approach based on preferential attachment, *Urban Studies*, Vol. 47, no. 9, p. 1969—1984.
23. Blanutsa, V. I. 2017, Territorial structure for the specialization of Russian regions on telecommunication services, *Regional'nye issledovaniya* [Regional Studies], no. 1, p. 16—24 (in Russ.).
24. Chang, H., Jamin, S., Wilinger, W. 2003, Internet connectivity at the AS-level: An optimization-driven modeling approach, *Proceedings of the ACM SIGCOMM Workshop on Models, Methods and Tools for Reproducible Network Research*, August 25—27, 2003, Karlsruhe, Germany, New York, ACM, p. 33—46.
25. Zuehlke, D. 2010, SmartFactory — towards a factory-of-things, *Annual Reviews in Control*, Vol. 34, no. 1, p. 129—138. doi: 10.1016/j.arcontrol.2010.02.008.
26. Kagermann, H., Wahlster, W., Helbig, J. (Hrsg.). 2013, *Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0*, Frankfurt/Main, Deutsche Akademie der Technikwissenschaften. V., p. 112.
27. Schwab, K. 2017, *The Fourth Industrial Revolution*, New York, Crown Business, p. 192.



28. Liao, Y., Deschamps, S., Loures, E. F. R., Ramos, L. F. R. 2017, Past, present and future of Industry 4.0 — a systematic literature review and research agenda proposal, *International Journal of Production Research*, Vol. 55, no. 12, p. 3609—3629. doi: 10.1080/00207543.2017.1308576.

### **The author**

*Prof. Victor I. Blanutsa*, Leading Research Fellow, V.B. Sochava Institute of Geography, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Russia.

E-mail: [blanutsa@list.ru](mailto:blanutsa@list.ru)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3958-216X>

### **To cite this article:**

Blanutsa, V.I. 2018, The effect of cross-border fibre-optic transitions on the information and communication connectivity of the Russian cities, *Balt. Reg.*, Vol. 10, no. 4, p. 4—19. doi: 10.5922/2079-8555-2018-4-1.