

УДК 911.3

## Оценка связности городов азиатской части России для реализации прорывных информационно-коммуникационных технологий\*

*В. И. Блануца*

Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН,  
Российская Федерация, 664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1

**Для цитирования:** Блануца В. И. Оценка связности городов азиатской части России для реализации прорывных информационно-коммуникационных технологий // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2018. Т. 63. Вып. 3. С. 253–266. <https://doi.org/10.21638/spbu07.2018.301>

В настоящее время разрабатываются прорывные информационно-коммуникационные технологии, связанные с тактильным Интернетом (Tactile Internet) и полным погружением в виртуальную реальность. Их реализация ожидается в следующем десятилетии, но уже сейчас необходимо предвидеть возможные социально-географические последствия этого. Наиболее критичный параметр новых технологий — задержка сигнала. Поэтому на основе авторской базы данных о линиях электросвязи была рассчитана задержка сигнала между всеми городами макрорегиона Сибири и Дальнего Востока. С учетом того, что компании — генераторы новых услуг по прорывным технологиям будут размещаться в городах или их скоплениях с численностью населения не менее 0,25 млн чел., а реализация новых технологий будет возможна при задержке сигнала до 1 мс, выделена 21 цифровая агломерация городов. Показано, что реализация прорывных технологий приведет к новому цифровому неравенству, когда тактильный Интернет в полном объеме может быть доступен только примерно в половине городов, и коснется немногим более 80 % всех горожан макрорегиона. Определена региональная специфика реализации прорывных технологий в азиатской части России, проявляющаяся в отсутствии нового цифрового неравенства в Кемеровской обл. и Республике Хакасия, в незначительном (менее 5 %) неравенстве в Омской и Томской областях, а также в невозможности предоставления услуг тактильного Интернета в шести регионах Сибири и Дальнего Востока.

*Ключевые слова:* цифровое неравенство, связность пространства, сеть электросвязи, задержка сигнала, тактильный Интернет, цифровая агломерация городов, Сибирь, Дальний Восток.

---

\* 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».

## 1. Введение

Обобщающее утверждение У.Тоблера, сделанное в 1970 г. и названное «первым законом географии» (впоследствии упоминавшееся другими исследователями как *Tobler's first law*, или TFL), гласит: «Все связано со всем остальным, но ближайшие вещи связаны сильнее, чем отдаленные» (Tobler, 1970, p. 236). Это утверждение отражало суть пространственного анализа, сформировавшегося в период «количественной революции» в географии. Последовавшая затем радикальная революция в этой дисциплине привела к размыванию постулата об уменьшении взаимодействия объектов по мере их удаления друг от друга (Harvey, 1982). Параллельно размывались классические представления о географическом пространстве (Смирнягин, 2016). Дальнейшие события, связанные с распространением Интернета и появлением возможности мгновенно передавать большие объемы информации на значительные расстояния, подтолкнули некоторых исследователей сделать поспешное заявление о «конце географии» (Graham, 1998; Greig, 2002). Однако новейшие разработки в области виртуальной реальности и интерактивных приложений для абонентских устройств сети 5G, как это ни парадоксально, реабилитируют влияние расстояния на человеческую деятельность, а приближающаяся эпоха больших данных (преимущественно геоданных) приведет к ренессансу географического пространства (Блануца, 2017b).

Если основной объект исследования в социально-экономической географии — территориальная организация общества, то необходимо сформулировать представление о соответствующей организации нового — информационного — общества. В данной сфере познания настолько много неизвестного, что это способствовало зарождению нового научного направления — информационно-сетевой географии (Блануца, 2015; Блануца, 2016), которое нацелено на изучение процессов формирования территориальной организации информационного общества. Такая нацеленность привела к постановке следующей проблемы: как оценить воздействие будущих принципиально новых (прорывных) информационно-коммуникационных (инфокоммуникационных) технологий на функционирование человеческих сообществ в пространстве.

При реализации масштабной задачи подключения к волоконно-оптическим линиям связи всех населенных пунктов с числом жителей от 250 до 500 чел., поставленной в Федеральном законе от 3 февраля 2014 г. № 9-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон “О связи”» услугой широкополосного доступа в Интернет будет охвачено 97 % населения Российской Федерации. Тогда примерно к 2025 г. в России решится проблема цифрового неравенства (в современном понимании). Однако пока будут прокладываться оптоволоконные линии до последних сел (чтобы реализовать в них возможность предоставления пакета услуг сети 2G/3G), в городах с миллионным населением уже запустят сети 5G, что приведет к новому цифровому неравенству. При этом связность поселений изменится. Как именно — неизвестно. Поэтому в статье представлены результаты первой попытки идентифицировать связность населенных пунктов после реализации тех инфокоммуникационных технологий, которые еще только разрабатываются. Для исследования выбраны города азиатской части России, инфокоммуникационные взаимодействия между которыми оценивались по авторской базе данных «Линии

электросвязи Российской Федерации», а социальные последствия нового цифрового неравенства — по данным «Росстата» о численности населения муниципальных образований (на 1 января 2017 г.).

## 2. Связность пространства

Если непрерывное пространство представить в виде дискретной линейно-узловой структуры (сети), то связность пространства можно вычислять при помощи математического аппарата теории графов. Не вдаваясь в описание различных свойств связанных графов (Михеева, 1983; Попков, 2000), отметим, что при географическом изучении инфокоммуникационных сетей (Блануца, 2016) теоретико-графовый подход наиболее применим на первом уровне познания связности, когда изучается конфигурация сети. Ранее было установлено (Блануца, 2017а), что *изучать* связность узлов сети можно на трех уровнях:

*первый* — физический (пространство как конфигурация линий электросвязи),  
*второй* — экономический (как отношения между операторами связи),  
*третий* — социальный (как взаимодействия между пользователями сети).

Последующие исследования привели к пониманию того, что существует *четвертый* уровень — цифровая связность, под которой понимается свойство сети сохранять взаимодействие (информационный поток) между всеми узлами при их кластеризации по типу предоставляемых цифровых услуг (параметрам потока).

В линейно-узловой структуре, состоящей из городов и соединяющих их линий электросвязи, можно выделять территориальные кластеры как скопления близко расположенных поселений, объединяемых возможностью реализовать определенный тип услуг. Все инфокоммуникационные услуги целесообразно разделить на два класса:

- 1) повсеместные, предоставление которых не зависит от удаленности относительно города — центра генерации услуг;
- 2) пространственно-распределенные, когда качество услуг зависит от близости к отмеченному городу-центру (TFL-обусловленные услуги).

Далее рассматриваются типы услуг только второго класса. В этом случае происходит «стягивание» (агломерирование, кластеризация) поселений к центральному городу в связи с возможностью получать услуги определенного типа. Соответственно, вне таких агломераций, которые можно назвать цифровыми, населению недоступно гарантированно высокое качество обслуживания (Quality of Service, QoS). Отсюда следует, что наличие связности рассматриваемых городов на физическом уровне еще не означает их связность на цифровом уровне. На каждом из упомянутых четырех уровней существует своя связность, и в настоящее время неизвестно, как они взаимообусловлены. Решение этой проблемы возможно только после изучения каждого уровня, что выходит за рамки данной статьи.

## 3. Прорывные инфокоммуникационные технологии

В ходе развития человеческого общества периодически создаются технологии, существенно изменяющие жизнь людей и в этом смысле являющиеся «прорывными» (World..., 2015). Для инфокоммуникационной сферы в настоящее время

основной генератор новых технологий — концепция межмашинного обмена информацией M2M (Machine-to-Machine). На ее основе создаются Интернет вещей, Интернет нановещей, тактильный Интернет, виртуальная реальность, дополненная реальность, голографические звонки, интерактивные приложения для абонентских устройств сети 5G, «электронное здоровье» (e-health) и некоторые другие прорывные технологии (Handbook..., 2011; Martin, et al., 2016; Фокин и Киричек, 2016; Ястребова и др., 2016; Ахмед и др., 2017).

Типологию перечисленных технологий можно проводить по разным основаниям. Однако сейчас и, особенно, в будущем, когда эти технологии начнут реализовываться, основное внимание следует уделять качеству обслуживания (Тихвинский и Бочечка, 2014). Для инфокоммуникационных услуг и обеспечивающих их технологий основными параметрами QoS являются:

- скорость передачи информации;
- удельный вес потерянных пакетов;
- задержка сигнала;
- джиттер (колебания задержки во времени, от англ. *jitter* — дрожание).

В настоящее время в сетях 4G скорость передачи сигнала приближается к 1 Гбит/с, что уже позволяет реализовать многие разрабатываемые прорывные технологии, а в будущем (в сетях 5G) она может достичь 20 Гбит/с. Дальнейшее развитие способов коммутации пакетов и технических возможностей узлов связи должно свести потери и джиттер к приемлемому минимуму. Отсюда получается, что наиболее критичный параметр сетей электросвязи — задержка сигнала (информационного потока). Опираясь на рекомендацию Международного союза электросвязи (Recommendation..., 2011) учитывать критические задержки в 1, 10 и 100 мс, а также на предложение называть первые два из указанных значений «сверхмалой» и «малой» задержкой (Кучерявый и др., 2016), можно выделить четыре типа инфокоммуникационных услуг: 1) со сверхмалыми (до 1 мс), 2) малыми (1–10 мс), 3) большими (10–100 мс) и 4) сверхбольшими (свыше 100 мс) задержками информационного потока.

#### 4. Задержка информационного потока

Задержка сигнала зависит от среды его распространения. Она минимальна при распространении света в вакууме. В современных сетях электросвязи сигнал распространяется по специальным кабельным линиям (в основном оптоволоконным и медным), а также в воздушной среде и космическом пространстве (сотовая, радиорелейная и спутниковая связь). Передача информационного потока по волоконно-оптическим линиям связи в настоящее время наиболее эффективна, так как происходит с наименьшей задержкой.

Расчетная задержка информационного потока  $T$  определяется по формуле (Кучерявый и др., 2016)

$$T = R\tau + \Theta,$$

где  $R$  — расстояние, км;  $\tau$  — задержка, связанная с физическими ограничениями по передаче сигнала, мкс/км;  $\Theta$  — задержка, вносимая техническими средствами связи, мкс.

Совершенствование технологии передачи сигнала ведет к тому, что  $\Theta$  стремится к нулю. В оптоволоконных линиях  $\tau = 5$  мкс/км. Отсюда следует, что искомое значение никак не может быть менее  $5R$  мкс. Именно оно используется далее для расчета задержки информационного потока по кратчайшей оптоволоконной линии связи между каждой парой городов.

Для каждого города — центра генерации новых услуг можно выделить четыре зоны значений  $T$ . В ближайшей к компании-генератору зоне будет возможно предоставлять все четыре типа услуг, в следующей — все услуги, кроме услуг первого типа, в третьей — услуги третьего и четвертого типа, в последней зоне — только услуги четвертого типа. Поскольку будет невыгодно создавать компании — генераторы новых услуг в каждом небольшом населенном пункте, то указанные зоны целесообразно рассчитывать только от городов с большой численностью населения (людностью). Если исходить из того, что эффект агломерирования городов запускается относительно центра (ядра), в котором проживает не менее 100 тыс. чел., и проявляется при общей численности горожан более 250 тыс. (Полян, 1988), то для предварительных расчетов можно использовать эти пороговые значения. Более точные вычисления возможны в будущем только после реализации пилотного внедрения отмеченных выше прорывных технологий, когда появится возможность подсчитать стоимость генерации новой услуги и ее окупаемость при предоставлении определенному числу жителей в пределах зон со сверхмалой и малой задержкой информационного потока из ядра.

## 5. Методика исследования

Связность городов азиатской части России в части предоставления услуг четвертого типа уже существует. Остальные три типа услуг разбивают единую инфокоммуникационную сеть на множество подсетей (кликеров, кластеров, агломераций), внутри каждой из которых поддерживается связность городов, но между подсетями такой связности нет. Чтобы изучить возможность внедрения услуг со сверхмалой задержкой (первый тип), предлагаются два подхода к выделению цифровых агломераций:

- 1) когда задержку сигнала рассчитывают относительно ядра,
- 2) когда ее рассчитывают между любой парой городов вокруг ядра.

Далее рассматривается только первый подход. При этом подчеркнем, что если граница классической агломерации проводится по изохроне 1,5-часовой транспортной доступности ядра (Полян, 1988), то граница цифровой агломерации — по изохроне задержки сигнала от ядра в 1 мс. Таким образом, границы зон реализации услуг второго и третьего типа соответствовали изохронам 10 и 100 мс.

Для выделения цифровых городских агломераций предлагается алгоритм, состоящий из следующих шагов:

- 1) из множества анализируемых городов выбирают один (ядро или город — центр потенциальной агломерации) с наибольшей численностью населения (но не менее 100 тыс. чел.);
- 2) по базе данных о линиях электросвязи рассчитывают задержку сигнала от выделенного на шаге 1 ядра до всех оставшихся городов (при нали-

- чи нескольких маршрутов между двумя городами выбирают кратчайший из них);
- 3) относительно определенного на шаге 1 ядра устанавливают зоны со сверхмалыми, малыми, большими и сверхбольшими задержками информационного потока. Города в зоне сверхмалых задержек, т. е. расположенные в пределах изохроны 1 мс задержки сигнала от города-центра, предварительно включают в цифровую агломерацию;
  - 4) проверяют суммарную численность населения ядра и городов-спутников, выделенных на шагах 1 и 3. Эти города включают в агломерацию, если превышен установленный порог в 250 тыс. жителей; в таком случае ядро агломерации исключают из множества анализируемых городов и переходят к шагу 5; в противном случае (когда население менее 250 тыс. чел.) возвращаются к шагу 1;
  - 5) шаги 1–4 повторяют до тех пор, пока не закончатся города — центры потенциальных агломераций; при этом каждый раз города-спутники, вошедшие в ранее выделенные агломерации, включают в расчеты на шагах 2 и 3. Если до нового ядра задержка сигнала будет меньше, чем до предыдущего города-центра, то город-спутник включают в новую агломерацию (в противном случае он остается в прежней агломерации).

## 6. Цифровая связность городов

Для проведения расчетов была составлена матрица размера  $226 \times 226$ , где 226 — это число городов в азиатской части России на 1 января 2017 г. (Численность..., 2012). Между каждой парой городов определялся кратчайший маршрут информационного потока и рассчитывалась задержка сигнала по приведенной выше формуле. Далее среди всех городов были выделены 37 (в них проживало более 100 тыс. чел.) как потенциальные ядра агломераций. Из них у 21 были города-спутники с суммарной численностью населения более 250 тыс. чел., попадающие в зону задержки сигнала до 1 мс (табл. 1). В эти цифровые агломерации вошли 10 потенциальных ядер (Ангарск, Артем, Ачинск, Бердск, Бийск, Находка, Нефтеюганск, Прокопьевск, Северск и Уссурийск) в силу их близости к более крупным городам. Оставшиеся 6 потенциальных ядер (Кызыл, Новый Уренгой, Норильск, Ноябрьск, Петропавловск-Камчатский и Рубцовск) не имели достаточного числа городов-спутников, формирующих скопление с общей численностью населения 250 тыс. чел. в пределах зоны с задержкой сигнала до 1 мс.

Выделенные цифровые агломерации потенциально готовы к реализации в их пределах инфокоммуникационных услуг со сверхмалой задержкой сигнала. Однако на сегодня отсутствуют и такие услуги, и компании — генераторы этих услуг. Поэтому 21 цифровая агломерация в будущем может быть расширена на счет появления новых городов и прокладки более коротких линий связи до поселений, не входящих в агломерации. Не исключен и рост численности населения оставшихся потенциальных ядер и их городов-спутников, что приведет к формированию новых агломераций. Вполне допустимо, что государство будет субсидировать внедрение прорывных инфокоммуникационных технологий в поселениях, численность населения которых меньше порога, заданного в исследовании.

Таблица 1. Цифровые агломерации азиатской части России

Агломерация		Город (без ядра агломерации)	Число горожан на 01.01.2017 (тыс. чел.)	Максимальная задержка сигнала, мс
№	Название			
1	Новосибирская	Бердск, Искитим, Обь, Тогучин, Черепаново, Болотное, Чулым, Каргат	1869,6	0,91
2	Красноярская	Ачинск, Железногорск, Зеленогорск, Сосновоборск, Дивногорск, Бородино, Уяр, Заозерный	1441,9	0,92
3	Омская	Татарск, Исилькуль, Калачинск, Называевск, Тюкалинск	1269,9	0,85
4	Новокузнецкая	Прокопьевск, Междуреченск, Киселевск, Белово, Осинники, Мыски, Таштагол, Гурьевск, Калтан, Салаир	1169,9	0,83
5	Владивостокская	Уссурийск, Находка, Артем, Большой Камень, Партизанск, Фокино	1134,3	0,83
6	Иркутская	Ангарск, Усолье-Сибирское, Черемхово, Шелехов, Слюдянка, Свирск, Байкальск	1071,0	0,84
7	Барнаульская	Бийск, Новоалтайск, Заринск, Алейск	985,7	0,83
8	Тюменская	Ялуторовск, Ирбит, Тавда, Заводоуковск, Туринск, Талица	914,7	0,93
9	Кемеровская	Ленинск-Кузнецкий, Юрга, Березовский, Мариинск, Топки, Полысаево	876,0	0,84
10	Томская	Северск, Анжеро-Судженск, Асино, Тайга	801,2	0,73
11	Хабаровская	Биробиджан, Вяземский	703,5	0,87
12	Сургутская	Нефтеюганск, Когалым, Пыть-Ях, Лянтор	632,1	0,90
13	Улан-Удэнская	Гусиноозерск, Петровск- Забайкальский, Бабушкин	476,3	0,95
14	Нижевартовская	Мегион, Лангепас, Радужный, Стрежевой, Покачи	469,2	0,83
15	Абаканская	Черногорск, Минусинск, Саяногорск, Абаза, Сорск, Артемовск	401,6	0,96
16	Благовещенская	Белогорск, Свободный, Райчихинск, Завитинск	373,4	0,84
17	Читинская	—	347,1	—
18	Якутская	Покровск	317,1	0,39
19	Южно- Сахалинская	Корсаков, Холмск, Долинск, Невельск, Анива, Томари	291,9	0,93
20	Комсомольск- Амурская	Амурск	289,9	0,27
21	Братская	Вихоревка	252,9	0,15

Тем не менее устойчивость системы расселения в азиатской части России, ограниченность федерального финансирования и невозможность уменьшить задержку ниже 5R мкс предопределяют потенциальное существование в макрорегионе в 2020-х гг. не более 21 цифровой агломерации.

## 7. Обсуждение результатов

Специфика размещения городов в азиатской части России такова, что большинство цифровых агломераций (15 из 21) расположены в главной полосе расселения вдоль Транссибирской железнодорожной магистрали с ответвлениями на территории с повышенной плотностью населения. Вне этой полосы находятся самые малые (по численности населения; см. табл. 1) агломерации Якутска, Южно-Сахалинска, Комсомольска-на-Амуре и Братска, а также два скопления городов в Ханты-Мансийском АО (см. рисунок). При этом в агломерации Читы существует только ядро, а Якутск, Комсомольск-на-Амуре и Братск имеют только по одному городу-спутнику, что позволяет рассматривать их как потенциальные скопления или квазиагломерации. Что касается агломераций-миллионников (первые шесть номеров в табл. 1), то они состоят из 6–11 городов. 6 агломераций (Барнаурская, Иркутская, Красноярская, Новосибирская, Сургутская и Томская) имеют второе ядро (город с числом жителей более 100 тыс.), а Владивостокская — дополнительно три ядра (в Уссурийске, Находке и Артеме).

В отличие от классических агломераций, выделяемых по времени транспортной доступности ядра при маятниковой миграции (Полян, 1988), цифровые

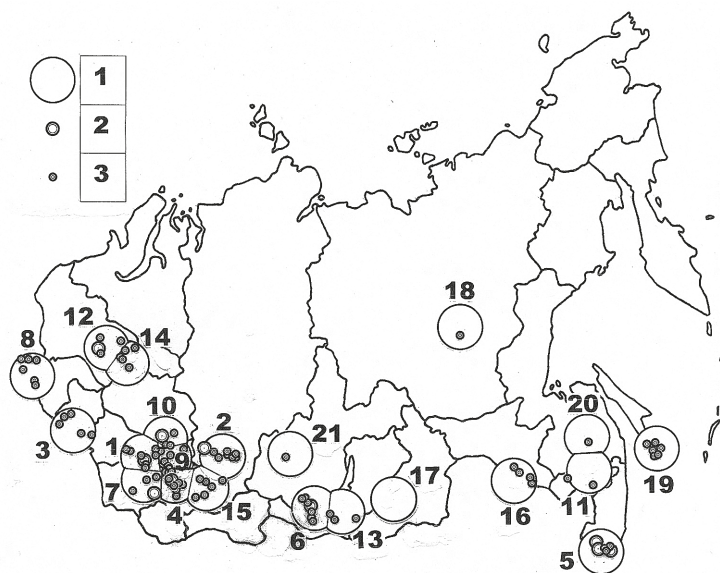


Рис. Распределение цифровых агломераций по территории азиатской части России:

1 — ядро (центр) агломерации, 2 — с числом жителей более 100 тыс., 3 — менее 100 тыс. чел.; номера агломераций см. табл. 1

скопление городов не замыкается в границах административно-территориальных единиц. В азиатской части России выделено 7 трансграничных агломераций:

- 1) Тюменская (включает четыре города Свердловской обл. — Ирбит, Тавду, Талицу и Туринск);
- 2) Абаканская (Артемовск и Минусинск из Красноярского края);
- 3) Томская (Анжеро-Судженск и Тайга из Кемеровской обл.);
- 4) Нижневартовская (Стрежевой из Томской обл.);
- 5) Омская (Татарск из Новосибирской обл.);
- 6) Улан-Удэнская (Петровск-Забайкальский из Забайкальского края);
- 7) Хабаровская (Биробиджан).

Это произошло потому, что для перечисленных городов задержка сигнала от ядра из соседнего региона меньше, чем от центра своей административно-территориальной единицы (исключение — не являющийся ядром центр Еврейской АО). Сравнение классических (Полян и Селиванова, 2007) и цифровых (см. табл. 1) агломераций позволяет прийти к выводу, что вторые многочисленнее первых (21 против 10 или 14, если учитывать 4 потенциальные агломерации в 2002 г.), а каждое образование в зоне сверхмалой задержки информационного потока включает большее число городов, чем в соответствующей классической агломерации. Если опираться на оценку состава городских агломераций Сибири по данным 2008 г. (Лексюта, 2010), то в 8 агломерациях (Новосибирской, Омской, Новокузнецкой, Красноярской, Иркутской, Барнаульской, Томской и Кемеровской) насчитывалось 27 городов, а в соответствующих 8 цифровых агломерациях 2017 г. — 60 городов (см. табл. 1). При этом расхождение в годах оценки влияло в основном на численность населения, а не на число городов.

Оценка связности городов азиатской части России показала, что реализация в будущем прорывных инфокоммуникационных технологий приведет к новому цифровому неравенству. С учетом сложившихся систем расселения и электросвязи, при генерации новых инфокоммуникационных услуг из 21 ядра, тактильный Интернет и другие услуги со сверхмалыми задержками сигнала будут доступны в 114 городах (см. рис. и табл. 1, где присутствуют 4 города, находящиеся вне рассматриваемого макрорегиона). В оставшихся 112 городах такие услуги будут недоступны в полной мере (вместо обмена тактильными ощущениями в режиме реального времени придется использовать запись тактильной информации). Сейчас сложно прогнозировать удельный вес жителей этих 112 городов в общем числе горожан макрорегиона, но, если опираться на данные «Росстата» на начало 2017 г., он может составить 18,7%. Такова предварительная оценка социальной значимости нового цифрового неравенства между городами азиатской части России. При переходе от макрорегиона к отдельным регионам цифровое неравенство принимает несколько иные значения, отражающие региональную специфику (табл. 2). В двух регионах — Кемеровской обл. и Республике Хакасия — новые услуги будут доступны всем горожанам, еще в двух (в Омской и Томской областях) ими смогут воспользоваться более 95% городских жителей, а в шести (Республики Алтай и Тыва, Камчатский край, Магаданская обл., Ямало-Ненецкий и Чукотский автономные округа) они станут вообще недоступны. Севернее 63° с. ш. ни в одном городе не будет полноценного тактильного Интернета, что предопределяет необходимость разработки специальной

Таблица 2. Потенциальная доступность инфокоммуникационных услуг со сверхмалыми задержками в регионах азиатской части России

Регион	Число городов, в которых в перспективе услуги		Доля горожан региона (%) на 01.01.2017, для которых в перспективе услуги	
	доступны	недоступны	доступны	недоступны
Республика Алтай	0	1	0	100
Алтайский край	5	7	78,3	21,7
Кемеровская область	20	0	100	0
Новосибирская область	10	4	94,3	5,7
Омская область	5	1	97,8	2,2
Томская область	4	2	96,7	3,3
Тюменская область	3	2	83,2	16,8
Ханты-Мансийский автономный округ–Югра	10	6	75,3	24,7
Ямало-Ненецкий автономный округ	0	8	0	100
<i>Всего по Западной Сибири</i>	<i>57</i>	<i>31</i>	<i>86,1</i>	<i>13,9</i>
Республика Бурятия	3	3	89,3	10,7
Республика Тыва	0	5	0	100
Республика Хакасия	5	0	100	0
Забайкальский край	2	8	70,6	29,4
Красноярский край	11	12	74,2	25,8
Иркутская область	10	12	78,3	21,7
<i>Всего по Восточной Сибири</i>	<i>31</i>	<i>40</i>	<i>76,1</i>	<i>23,9</i>
Республика Саха (Якутия)	2	11	62,5	37,5
Камчатский край	0	3	0	100
Приморский край	7	5	85,6	14,4
Хабаровский край	4	3	93,9	6,1
Амурская область	5	5	80,4	19,6
Магаданская область	0	2	0	100
Сахалинская область	7	8	80,1	19,9
Еврейская автономная область	1	1	89,4	10,6
Чукотский автономный округ	0	3	0	100
<i>Всего по Дальнему Востоку</i>	<i>26</i>	<i>41</i>	<i>76,1</i>	<i>23,9</i>
Итого	114	112	81,3	18,7

стратегии инфокоммуникационного развития Севера Сибири и Дальнего Востока с федеральным финансированием создания ядер как минимум в Ханты-Мансийске, Новом Уренгое, Ноябрьске, Норильске, Магадане и Петропавловске-Камчатском.

## Заключение

Разрабатываемые в настоящее время прорывные инфокоммуникационные технологии, связанные с полным погружением в виртуальную реальность, еще ни разу не оценивались с позиции социально-географических последствий их реализации.

Первая попытка такой оценки, опирающаяся на авторскую базу данных о линиях электросвязи, формулу расчета задержки информационного потока и данные «Росстата» о численности населения, позволила на примере 226 городов азиатской части России показать предпосылки формирования в будущем нового цифрового неравенства, которое будет трудно преодолеть в силу сложившихся систем расселения и электросвязи. Расчеты показали, что 112 городов, доля которых в численности всех горожан макрорегиона составляет 18,7%, не смогут получать новые инфокоммуникационные услуги со сверхмалой задержкой из 21 ядра, так как находятся вне цифровых агломераций, формируемых этими ядрами. Таким образом, связность городов, существующая в пределах агломераций и отсутствующая вне их, ставит задачу создавать в небольших поселениях ядра (центры) концентрации компаний — генераторов услуг, передающих сигнал со сверхмалыми задержками. В этом случае численность населения будет ниже пороговых значений, заданных в проведенном исследовании (в ядре более 100 тыс., а во всей агломерации — свыше 250 тыс. чел.). Создание стратегии минимизации цифрового неравенства в азиатской части России за счет субсидирования деятельности компаний — генераторов услуг в небольших городах — дело будущего. Что касается ближайших исследований по данной проблематике, то их следует направить на анализ распределения поселков городского типа и сельских поселений между выделенными цифровыми агломерациями, чтобы определить численность всего населения в зонах сверхмалых задержек сигнала, а не только численность горожан.

#### Литература

- Ахмед, А. А., Блинников, М. А., Пирмагомедов, Р. Я., Глушаков, Р. И., Кучерявый, А. Е., 2017. Обзор современного состояния e-health. Информационные технологии и телекоммуникации 5(3), 1–13.
- Блануца, В. И., 2015. Становление информационно-сетевой географии как ответ на вызовы XXI века. Региональные исследования 1, 4–13.
- Блануца, В. И., 2016. Развертывание информационно-коммуникационной сети как географический процесс (на примере становления сетевой структуры сибирской почты). ИНФРА-М, Москва.
- Блануца, В. И., 2017а. Существует ли «Сибнет» как сегмент Интернета? Определение связности автономных систем Сибири. Изв. Иркутск. гос. ун-та. Серия: Политология. Религиоведение 22, 195–202.
- Блануца, В. И., 2017б. Социально-экономическое районирование в эпоху больших данных. ИНФРА-М, Москва.
- Кучерявый, А. Е., Маколкина, М. А., Киричек, Р. В., 2016. Тактильный Интернет. Сети связи со сверхмалыми задержками. Электросвязь 1, 44–46.
- Лексюта, Н. В., 2010. Особенности развития урбанизированных территорий Сибири. География и природные ресурсы 1, 119–123.
- Михеева, В. С., 1983. Математические методы в экономической географии. Ч. 2. Приложения теории графов: курс лекций. Изд-во МГУ, Москва.
- Полян, П. М., 1988. Методика выделения и анализа опорного каркаса расселения. Изд-во Института географии АН СССР, Москва, 283.
- Полян, П. М., Селиванова, Т. И., 2007. Городские агломерации России и новые тенденции эволюции их сети (1989–2002 гг.). Изв. РАН. Серия географическая 5, 18–27.
- Попков, В. К., 2000. Математические модели связности. Ч. 1. Графы и сети. Изд. ИВМиМГ СО РАН, Новосибирск.
- Смирнягин, Л. В., 2016. Судьба географического пространства в социальных науках. Изв. РАН. Серия географическая 4, 7–19.
- Тихвинский, В. О., Бочечка, Г. С., 2014. Перспективы сетей 5G и требования к качеству их обслуживания. Электросвязь 11, 40–43.

- Фокин, С. Ю., Киричек, Р. В., 2016. Обзор медицинских приложений, устройств и технологий связи Интернета вещей. Информационные технологии и телекоммуникации 4(4), 67–80.
- Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям, 2012. URL: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/afc8ea004d56a39ab251f2bafc3a6fce](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/afc8ea004d56a39ab251f2bafc3a6fce) (дата обращения: 15.09.2017).
- Ястребова, А. А., Выборнова, А. И., Киричек, Р. В., 2016. Обзор концепции тактильного Интернета и технологий для его реализации. Информационные технологии и телекоммуникации 4(4), 89–96.
- Handbook of Augmented Reality, 2011 / Furht, B. (Ed.). Springer, New York.
- Harvey, D., 1982. The Limits to Capital. Basil Blackwell, Oxford.
- Graham, S., 1998. The end of geography or the explosion of place? Conceptualizing space, place and information technology. Progress in Human Geography 22(2), 165–185.
- Greig, J. M., 2002. The end of geography? Globalization, communications, and culture in the international system. Journal of Conflict Resolution 46(2), 225–243.
- World Intellectual Property Report: Breakthrough Innovation and Economic Growth, 2015 / Gurry, F. (Ed.). WIPO Publ., Geneva.
- Martin, M., Mahfuzulhoq, C., Bhaskar, P., Dung, P., 2016. The Tactile Internet: vision, recent progress, and open challenges. IEEE Communications Magazine 54(5), 138–145.
- Recommendation ITU-T Y. 1541, 2011. Network Performance Objectives for IP-based Services. ITU Publ., Geneva, 57.
- Tobler, W., 1970. A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. Economic Geography 46(2), 234–240.

Статья поступила в редакцию 15 марта 2018 г.

Статья рекомендована в печать 4 июля 2018 г.

Контактная информация:

*Блануца Виктор Иванович* — [blanutsa@list.ru](mailto:blanutsa@list.ru)

## Measuring the connectivity of cities in Asian Russia for the implementation of breakthrough information and communication technologies

*V. I. Blanutsa*

V. B. Sochava Institute of Geography, SB RAS,  
1, Ulan-Batorskaya str., Irkutsk, 664033, Russian Federation

**For citation:** Blanutsa V. I. Measuring the connectivity of cities in Asian Russia for the implementation of breakthrough information and communication technologies. Vestnik of Saint Petersburg University. Earth Sciences, 2018, vol. 63, issue 3, pp. 253–266. <https://doi.org/10.21638/spbu07.2018.301> (In Russian)

Currently, breakthrough information and communication technologies are being developed, related to Tactile Internet and full immersion in virtual reality. Their implementation is expected in the next decade, but now it is necessary to foresee the possible socio-geographical consequences of such implementation. The most critical parameter of new technologies is a signal delay. Therefore, based on the author's database on telecommunication lines, the magnitude of the signal delay between all the cities of the macroregion of Siberia and the Far East was calculated. Based on the fact that generators of new services for breakthrough technologies will be located in cities or congestions of cities with a population of at least a quarter of a million people and the possibility of implementing new technologies with a delay of up to 1 millisecond, digital urban agglomerations have been singled out. Twenty-one digital agglomerations are identified. It is shown that the implementation of breakthrough technologies

will lead to a new digital inequality when the Tactile Internet in its entirety can be accessed only in about half of the cities and will touch just over 80 percent of all the townspeople. The regional specifics of the implementation of breakthrough technologies in Asian Russia are revealed, manifested in the absence of a new digital inequality in the Kemerovo region and the Republic of Khakassia, insignificant (less than five percent) inequality in the Omsk and Tomsk regions, and in the impossibility of providing tactile Internet services in six regions.

*Keywords:* digital inequality, connectivity of space, telecommunication network, signal delay, Tactile Internet, digital urban agglomeration, Siberia, the Far East.

## References

- Ahmed, A. A., Blinnikov, M. A., Pirmagomedov, R. YA., Glushakov, R. I., Kucheryavyj, A. E., 2017. Obzor sovremennogo sostoianiia e-health. Informatsionnye tekhnologii i telekommunikatsii [Information technology and telecommunications] 5(3), 1–13. (In Russian)
- Blanutsa, V. I., 2015 Stanovlenie informatsionno-setevoi geografii kak otvet na vyzovy XXI veka [The formation of information-network geography as a response to the challenges of the 21st century]. Regional'nye issledovaniia [Regional studies] 1, 4–13. (In Russian)
- Blanutsa, V. I., 2016. Razvertyvanie informatsionno-kommunikatsionnoi seti kak geograficheskii protsess (na primere stanovleniia setevoi struktury sibirskoi pochty) [Deployment of the Information and Communication Network as a Geographical Process (on the Example of the Formation of the Network Structure of the Siberian Mail)]. INFRA-M Publ., Moscow, 246. (In Russian)
- Blanutsa, V. I., 2017a. Sushchestvuet li "Sibnet" kak segment Interneta? Opredelenie svyaznosti avtonomnykh sistem Sibiri [Does "Sibnet" exist as a segment of the Internet? Determining the connectivity of the autonomous systems of Siberia]. Izv. Irkutsk. gos. un-ta. Seriya: Politologiya. Religiovedenie [Proceedings of Irkutsk State University. Series: Political Science. Religious Studies] 22, 195–202. (In Russian)
- Blanutsa, V. I., 2017b. Sotsial'no-ekonomicheskoe raionirovanie v epokhu bol'shikh dannykh [Social and Economic Regionalization in an Era of Big Data]. INFRA-M Publ., Moskva, 194. (In Russian)
- Chislennost' naseleniia Rossiiskoi Federatsii po munitsipal'nym obrazovaniyam [Population of the Russian Federation by Municipal Entities: Electronic Resource], 2012. URL: [http://gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/afc8ea004d56a39ab251f2bafc3a6fce](http://gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/afc8ea004d56a39ab251f2bafc3a6fce) (accessed: 15.09.2017). (In Russian)
- Fokin, S. YU., Kirichek, R. V., 2016. Obzor meditsinskikh prilozhenii, ustroystv i tekhnologii svyazi Interneta Veshchei. Informatsionnye tekhnologii i telekommunikatsii [Overview of medical applications, devices and technologies for Internet of Things]. Informatsionnye tekhnologii i telekommunikatsii [Information Technology and Telecommunications] 4(4), 67–80. (In Russian)
- Handbook of Augmented Reality, 2011. Furht, B. (Ed.). Springer, New York.
- Harvey, D., 1982. The Limits to Capital. Basil Blackwell, Oxford.
- Graham, S., 1998. The end of geography or the explosion of place? Conceptualizing space, place and information technology. Progress in Human Geography 22(2), 165–185.
- Greig, J. M., 2002. The end of geography? Globalization, communications, and culture in the international system. Journal of Conflict Resolution 46(2), 225–243.
- World Intellectual Property Report: Breakthrough Innovation and Economic Growth, 2015. Gurry, F. (Ed.). WIPO Publ., Geneva.
- Kucheryavyj, A. E., Makolkina, M. A., Kirichek, R. V., 2016. Takti'nyi Internet. Seti svyazi so sverkhmalymi zaderzhkami [Tactile Internet. Communication networks with ultra-small delays]. Elektrosvyaz' [Telecommunications] 1, 44–46. (In Russian)
- Leksyuta, N. V., 2010. Osobennosti razvitiia urbanizirovannykh territorii Sibiri [Features of the development for Siberian urbanized territories]. Geografiia i prirodnye resursy [Geography and Natural Resources] 1, 119–123. (In Russian)
- Martin, M., Mahfuzulhoq, C., Bhaskar, P., Dung, P., 2016. The Tactile Internet: vision, recent progress, and open challenges. IEEE Communications Magazine 54(5), 138–145.
- Miheeva, V. S., 1983. Matematicheskie metody v ekonomicheskoi geografii. Ch. 2. Prilozheniia teorii grafov: kurs lektsii [Mathematical Methods in Economic Geography. Part 2. Applications of Graph Theory: A Course of Lectures]. Moscow State University Publishing House, Moscow, 178. (In Russian)

- Polyan, P.M., 1988. Metodika vydeleniia i analiza opornogo karkasa rasseleniia [A Technique for Isolating and Analyzing the Supporting Framework of a Settlement]. Publishing house of the Institute of Geography of the USSR Academy of Sciences, Moscow, 283. (In Russian)
- Polyan, P.M., Selivanova, T.I., 2007. Gorodskie aglomeratsii Rossii i novye tendentsii evoliutsii ikh seti (1989–2002 gg.) [Urban agglomerations of Russia and new trends in the evolution of their network (1989–2002)]. Izv. RAN. Seriiia geograficheskaiia [Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Series geographic] 5, 18–27. (In Russian)
- Popkov, V.K., 2000. Matematicheskie modeli sviaznosti. Ch. 1. Grafy i seti [Mathematical models of connectivity. Part 1. Graphs and networks]. Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics Publ., Novosibirsk, 175. (In Russian)
- Recommendation ITU-T Y.1541, 2011. Network Performance Objectives for IP-based Services. ITU Publ., Geneva, 57.
- Smirnyagin, L. V., 2016. Sud'ba geograficheskogo prostranstva v sotsial'nykh naukakh [The fate of geographical space in the social sciences]. Izv. RAN. Seriiia geograficheskaiia [Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Series geographic] 4, 7–19. (In Russian)
- Tihvinskij, V.O., Bochechka, G.S., 2014. Perspektivy setei 5G i trebovaniia k kachestvu ikh obsluzhivaniia [Prospects for 5G networks and requirements to the quality of their services]. Elektrosviaz' [Telecommunications] 11, 40–43. (In Russian)
- Tobler, W., 1970. A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. Economic Geography 46(2), 234–240.
- Yastrebova, A. A., Vybornova, A.I., Kirichek, R. V., 2016. Obzor kontseptsii taktiil'nogo Interneta i tekhnologii dlia ego realizatsii [Review of the concept of tactile Internet and technologies for its implementation]. Informatsionnye tekhnologii i telekommunikatsii [Information technology and telecommunications] 4(4), 89–96. (In Russian)

Received: March 15, 2018

Accepted: July 4, 2018

Author's information:

Victor I. Blanutsa — blanutsa@list.ru