

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА
ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

На правах рукописи

ДУБОВИК Василий Олегович

**Оценка транспортной доступности городов
на примере стран Южной Америки**

Специальность: 25.00.24 – Экономическая, социальная,
политическая и рекреационная география

Диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук

Научный руководитель:
доктор географических наук,
ведущий научный сотрудник
С.А. Тархов

Москва – 2014

Содержание

Введение	5
Глава 1. Методы оценки транспортной доступности	12
1.1. Топологические методы	15
1.2. Методы оценки пространственного разграничения	18
1.3. Методы изолиний	20
1.4. Методы потенциалов	23
1.5. Методы инверсионных балансов	25
1.6. Пространственно-временные методы	27
Глава 2. Транспортные системы стран Южной Америки	31
2.1. Страны с относительно равномерным транспортным покрытием территории	33
2.1.1. Аргентина	34
2.1.2. Уругвай	37
2.2. Страны с сильными территориальными диспропорциями развития транспортной сети и наибольшей ее плотностью на прибрежных территориях	39
2.2.1. Бразилия	39
2.2.2. Венесуэла	43
2.2.3. Чили	45
2.3. Страны с сильными территориальными диспропорциями развития транспортной сети и наибольшей ее плотностью в горных районах	48
2.3.1. Колумбия	48
2.3.2. Перу	50
2.3.3. Эквадор	53
2.4. Страны, не имеющие выхода к морю	55
2.4.1. Боливия	55
2.4.2. Парагвай	58
2.5. Страны со слабым развитием транспортной системы	60
2.5.1. Гайана	60
2.5.2. Суринам	61
2.5.3. Французская Гвиана	62
Глава 3. Сравнительный анализ результатов оценки транспортной доступности городов отдельных стран Южной Америки различными методами	65
3.1. Характеристика сравниваемых методов оценки транспортной доступности городов	65
3.1.1. Общие принципы оценки транспортной доступности городов	65
3.1.2. Топологические методы	67

3.1.3. Методы оценки пространственного разграничения.....	68
3.1.4. Методы изолиний.....	69
3.1.5. Методы потенциалов.....	69
3.1.6. Порядок сравнения результатов применения методов оценки транспортной доступности городов	71
3.2. Оценка транспортной доступности городов Уругвая.....	72
3.3. Оценка транспортной доступности городов Венесуэлы	82
3.4. Оценка транспортной доступности городов Эквадора	89
3.5. Оценка транспортной доступности городов Боливии	96
3.5. Оценка транспортной доступности городов Гайаны.....	103
3.6. Результаты сравнения методов оценки транспортной доступности городов	109
Глава 4. Анализ транспортной доступности городов Южной Америки	112
4.1. Характеристика используемых методов оценки транспортной доступности городов ..	112
4.1.1. Исходные данные	112
4.1.2. Общие этапы расчета	113
4.1.3. Метод изолиний.....	115
4.1.4. Метод потенциалов.....	115
4.2. Пространственные структуры значений транспортной доступности городов в Южной Америке.....	117
4.2.1. Площадная пространственная структура.....	117
4.2.2. Сетчатая пространственная структура	120
4.2.3. Линейная пространственная структура	121
4.2.4. Ареальная пространственная структура.....	122
4.2.5. Сетчато-ареальная пространственная структура.....	122
4.2.6. Линейно-ареальная пространственная структура	123
4.3. Типология стран по особенностям пространственной дифференциации транспортной доступности городов.....	124
4.3.1. Основные принципы составления типологии.....	124
4.3.2. Страны с низким уровнем транспортной доступности городов	128
4.3.3. Страны со значительными территориальными диспропорциями в транспортной доступности городов и сильной концентрацией высоких значений показателя	130
4.3.4. Страны со значительными территориальными диспропорциями в транспортной доступности городов и средней концентрацией высоких значений показателя	130
4.3.5. Страны со значительными территориальными диспропорциями в транспортной доступности городов и слабой концентрацией высоких значений показателя.....	135

4.3.6. Страны с высоким уровнем транспортной доступности городов и сильной концентрацией высоких значений показателя.....	135
4.3.7. Страны с высоким уровнем транспортной доступности городов и средней концентрацией высоких значений показателя.....	138
4.3.8. Страны с высоким уровнем транспортной доступности городов и низкой концентрацией высоких значений показателя.....	141
Заключение.....	144
Список литературы	148
Приложение	148

Введение

Актуальность работы. Транспортная доступность территории является одним из важнейших условий развития хозяйства и расселения. Ею детерминируются многие социальные и экономические показатели территории. Увеличение транспортной доступности позитивно влияет на хозяйство: снижаются издержки на производство (за счет снижения транспортных расходов), улучшается доступ к рынку ресурсов и рынку сбыта, происходят положительные сдвиги в экономике в целом. Рост транспортной доступности благоприятно сказывается на социальной сфере: снижаются затраты (временные и денежные) на перемещение, увеличивается количество мест, доступное за одно и то же время поездки, облегчается процесс миграций. Изменение транспортной доступности приводит к сдвигам в сложившейся системе расселения и хозяйства. При ее улучшении увеличивается привлекательность территории, что вызывает приток населения, перенос промышленных предприятий и учреждений сферы услуг. За счет мультипликационного эффекта возникает дополнительный импульс развития. Влияние изменения транспортной доступности заметно на всех масштабах исследования. Однако наиболее сильно оно проявляется на внутригородском и внутристрановом уровне. В то же время на межстрановом уровне ряд факторов (например, ограничения при пересечении государственных границ) сглаживает положительный эффект увеличения транспортной доступности.

Изменение транспортной доступности является важным механизмом осуществления региональной политики. Умелое его использование позволяет снизить диспропорции в территориальном развитии различных районов страны, создать новые полюсы роста на слабозаселенной и слаборазвитой территории. Однако увеличение транспортной доступности не может быть самоцелью региональной политики. Прежде чем принять решение об осуществлении крупных инфраструктурных проектов, необходимо сделать прогноз возможных положительных и отрицательных изменений после их реализации. Резкое улучшение транспортной доступности одних регионов может оказать негативный эффект на хозяйство других регионов и создать социальную напряженность в них. При недостаточном обосновании целесообразности осуществления инфраструктурных проектов может оказаться, что после осуществления крупных капиталовложений в проект он не будет достаточно востребован и не приведет к запланированным результатам. Существуют примеры того, как в случае незаинтересованности и противодействия увеличению транспортной доступности со стороны местной элиты, в региональную политику вносятся коррективы, а эти территории в отдаленной перспективе уступают в конкурентной борьбе другим за счет худшего экономико-географического положения. Например, при строительстве железной дороги Москва – Калуга жители города Боровск высказались против прохождения через их город этой линии. В

результате она прошла через небольшое село Балабаново, которое получило сильный импульс в развитии, в то время как промышленность Боровска пришла в упадок. Таких примеров в России очень много. Понимание транспортной доступности как фактора развития территории важно в социально- и экономико-географических исследованиях. Без его учета невозможно дать корректную интерпретацию размещения предприятий промышленности и сферы услуг, миграций населения, его социальной подвижности, сдвигов, происходящих в хозяйстве.

Степень разработанности темы исследования. Учет влияния транспортной доступности на развитие территории невозможен без корректной ее оценки. В зарубежной литературе оценка уровня и качества транспортной доступности затрагивается во многих исследованиях по экономике, социологии, экономической географии. Все работы по оценке транспортной доступности можно разделить на несколько групп.

– Работы, содержащие теоретические обоснования одного из методов оценки. Группа включает работы Хансена [39], Инграма [43], Бугроменко [1], Пири [68], Лобату [58], Бруинсма [18], Бернса [19], Герса [31] [30], Йосефа и Бантока [46], Мартинеса [60], Нимейера [67], Сонга [84], Вейбулла [94] [95], Бартоломе и Касереса [14], Хансона [40], Линдемана [55], Льюренса [57], Пулера [57], Росика [76], Бен-Акива [15], Квана [49], Росадо [75] и Вахса [91].

– Работы, характеризующие оценку транспортной доступности в рамках городов и городских агломераций. К ним можно отнести исследования Блэка [16], Хольста [42], Гая [34], Кенига [48], Шена [81], Санчеса [79], Сатисана и Скинивасана [80], Стегмана [85] и Закариа [98].

– Исследования, имеющие определенные практические цели: сравнение разработанных методов на примере определенной территории, оценка доступности для прогнозирования изменений в хозяйстве и т.д. Выделяются работы Реджиани [73], Аллена [12], Кибла [64], Джиртмана [28], Ли и Гулиаса [51], Гутьерреса и Урбано [33], Линнекера [56], Лимы и Силвы [54] [83], Мелисо [62], Вицковского и Михняка [70], Росика [77], Пири [69], Кальвета [20], Давидсона [23], Хоггарта [41], Жануарио [44], и Маккуайда [61].

Типизация и структурирование разработанных методов представлена в работах нескольких зарубежных авторов - Герса [29], Асеведо Райа Жуниора [13], Джоунса [45], Хэнди [38], Ван Вее [89], Фостера [27], Морриса [65] и Вердена [93]. В них излагаются основные положения отдельных методов оценки, и делается качественный анализ их преимуществ и недостатков. Однако авторы обычно не прибегают к сравнению этих моделей на примерах конкретных территорий, тем самым не подкрепляя заявленные положения достоверной информацией. В работах также даются предложения авторов по модификации методов на внутригородском уровне.

Несмотря на большой интерес со стороны западноевропейских и североамериканских исследователей, методы оценки транспортной доступности в русскоязычной литературе освещены слабо и мало применяются в экономико-географических исследованиях. Некоторые исследователи используют качественный подход к ее определению (высокая, средняя, низкая доступность) без проведения соответствующих расчетов [11]; часто в роли меры доступности выбрано время в пути до точек назначения или количество объектов, лежащих в пределах заданной изохроны [8] [9].

Во многие программы регионального развития включена задача улучшения транспортной доступности, на эффективность реализации которой влияет качество ее оценки. Разработка методов оценки, оптимальных для исследований в различных областях знаний и исходя из различных условий, является важной задачей для научного сообщества. В нашей работе мы сравним существующие методы оценки и подберем наиболее подходящий для экономико-географического исследования.

Ввиду недостаточной изученности темы в отечественной литературе и в связи с наличием в зарубежных работах материала по оценке транспортной доступности, неизвестного широкому кругу российской научной общественности, считаем необходимым в этом исследовании ввести в научный оборот методы исследования, применяемые западноевропейскими и североамериканскими исследователями.

Объектом исследования служит транспортная доступность как характеристика определенного пункта или территории, показывающая степень возможности преодоления посредством транспорта пространства, отделяющего ее от других рассматриваемых пунктов или территорий.

Предметом исследования являются методы оценки транспортной доступности, обладающие собственными особенностями, преимуществами и недостатками.

Работа носит **методический характер**. В ней анализируется и сравнивается несколько методов, используемые для изучения одной и той же реальности, но дающие различные результаты в связи с использованием разных подходов к расчету. В исследовании наглядно доказывается принцип релятивизма в экономической географии: ни один из рассмотренных методов оценки транспортной доступности городов не отражает в полном объеме реальность, а только показывает какую-то из ее сторон.

Цель работы – выбор метода оценки транспортной доступности городов, наиболее подходящего для экономико-географического исследования на масштабе страны и региона и учитывающего количественные и качественные особенности транспортной сети и населенных пунктов, а также влияние государственных границ.

Для достижения цели поставлены следующие основные задачи:

1. анализ существующих методов оценки транспортной доступности территории и городов;
2. оценка эффективности этих методов на примере нескольких стран, контрастных по природным, социально-экономическим условиям и уровню развития транспортной системы;
3. выбор метода и разработка методики оценки транспортной доступности, подходящих для экономико-географических исследований в условиях ограниченной информации о хозяйстве страны и ее транспортной системе;
4. оценка уровня транспортной доступности городов выбранным методом на примере стран одного региона.

Сравнение эффективности методов оценки транспортной доступности городов проведено на примере стран Южной Америки. Этот регион был выбран по ряду причин. Во-первых, он включает очень контрастные как в природном, так и в социально-экономическом плане территории. Транспортные системы стран региона не похожи друг на друга, в связи с чем представляется возможность для более разностороннего сравнения. Во-вторых, в Южной Америке есть как территории с высокой плотностью населения и транспортной освоенностью, так и слабозаселенные территории, на которых отсутствует сеть автомобильных дорог. Тем самым можно провести аналогию с Россией, характером ее заселенности и транспортной освоенности. В-третьих, большинство стран Южной Америки не предоставляет широкой статистической информации по населению, хозяйству и транспорту. В связи с этим будет проведен анализ возможности применения различных методов в условиях ограниченности исходной информации. Страны Южной Америки выбраны потому, что автор занимался изучением этого региона 9 лет.

Информационная база. Исследование носит методический, а не страноведческий характер. В связи с этим страны Южной Америки не рассматриваются ни в качестве объекта, ни в качестве предмета исследования. Территория континента выступает в роли полигона для применения методов оценки транспортной доступности городов. Их эффективность сравнивается с использованием объемного эмпирического материала о странах Южной Америки, который включает в себя: а) данные национальных статистических органов стран континента; б) информацию, предоставляемую крупными международными и региональными организациями, в т.ч. Всемирным банком, Экономической комиссией ООН для Латинской Америки и Карибского бассейна (ЭКЛАК), Инициативой по интеграции региональной инфраструктуры в Южной Америке и др.; в) результаты последних переписей населения в странах региона; г) электронные и печатные карты и атласы автомобильных дорог; д) картосхемы судоходных участков рек, озер и каналов; е) информацию транспортных, таможенных и миграционных ведомств стран региона о средней длительности пересечения

государственных границ; ж) растровую поверхность типов растительности, созданную на основе космических фотоснимков в рамках программы Landsat.

При оценке транспортной доступности в работе рассматриваются только автомобильный и внутренний водный транспорт. Сеть автомобильных дорог характеризуется универсальностью, широким пространственным охватом территории континента. На территориях с низкой плотностью автомобильных дорог внутренний водный транспорт в ряде случаев является основным, а иногда и единственным видом транспорта. В регионе расположено несколько крупных речных бассейнов (Амазонка, Парана-Парагвай, Ориноко и др.), которые активно используются для перевозок грузов и людей. Через автомобильные дороги и судоходные участки рек, озер и каналов перевозится около 85% грузов и 95% пассажиров в пределах Южной Америки.

В ходе исследования широко применялись **методы** – сравнительно-географический, картографический, типологический, статистический и математический. Особое внимание уделено анализу выборок, состоящих из результатов применения различных методов оценки транспортной доступности городов на примерах стран Южной Америки.

Научная новизна работы определяется не только уникальностью рассматриваемой темы в отечественной географической науке, но и достигнутыми результатами в апробации и разработке методов оценки транспортной доступности городов.

- Впервые проведена не только группировка основных методов оценки транспортной доступности, но и оценка их эффективности на примере нескольких контрастных стран.
- Анализ результатов применения различных методов оценки транспортной доступности городов проведен с использованием двух подходов: визуального (в т.ч. пространственного наложения значений показателя) и статистического.
- Разработан новый подход к измерению уровня транспортной доступности городов, включающий оценку зависимости меры преодоления расстояния от средней скорости передвижения по автомобильным дорогам, от преобладающего на территории типа растительности, размеров уклона ее поверхности, расположения судоходных участков рек, озер и каналов, барьерной и контактной функций государственных границ.
- Произведено выделение типов пространственных структур транспортной доступности городов.
- Разработана типология стран по характеру пространственной дифференциации значений транспортной доступности городов.

Теоретическая и практическая значимость работы. Результаты исследования представляют профессиональный интерес для научного, экспертного и бизнес-сообщества и служат методической основой работ, посвященных изучению транспортной доступности

территорий и городов. Сравнительный анализ подходов к ее оценке позволяет осуществить выбор оптимального для исследования метода и стимулировать расширение количества работ по этой тематике в нашей стране. Результаты исследования могут быть использованы при разработке стратегий развития различных территорий и их транспортной инфраструктуры, при выборе места размещения объектов промышленности и сферы услуг, а также в страноведческих работах. Отдельные методические разработки диссертации использованы в образовательном процессе в рамках курса «География транспорта» для студентов географического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова.

Структура работы. Работа состоит из четырех основных глав, раскрывающих ее важные смысловые составляющие.

Первая глава представляет собой анализ разработанных ранее моделей оценки транспортной доступности. Для структуризации изложения материала составлены группы моделей в зависимости от подходов к расчету доступности. Каждой из них дана общая характеристика, выделены основные недостатки и преимущества. В рамках каждой из групп описан расчет одним конкретным методом оценки транспортной доступности.

Во второй главе дается характеристика транспортных систем стран Южной Америки, включающая в себя информацию об общем уровне развития транспорта в стране, соотношении видов транспорта, их специализации и пространственном распространении. Все транспортные системы региона подразделены на несколько типов в зависимости от их конфигурации и особенностей развития.

В третьей главе проведено сравнение эффективности рассмотренных в первой главе методов оценки транспортной доступности на примере стран Южной Америки. Для учета результатов применения методов в условиях стран с различной конфигурацией транспортных сетей взято по одной стране каждого типа в соответствии с типологией, составленной во второй главе. Затем проводится сравнительный анализ моделей с изложением их преимуществ и недостатков, области предпочтительного применения.

Четвертая глава включает обоснование выбора метода оценки транспортной доступности городов, подходящего для экономико-географического исследования на масштабе стран и регионов, описание основных этапов его расчета. Метод применяется на всех странах Южной Америки, после чего проводится анализ дифференциации территории региона по транспортной доступности.

Апробация результатов исследования включала в себя доклады и сообщения на следующих конференциях: Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов» (XVI, XIX, XX; 2009, 2012 и 2013 гг.), «Регион-2014: общественно-географические аспекты» (2014 г.), «Социально-экономические, исторические и культурные

аспекты регионального развития» (2014 г.), «Актуальные проблемы экономики и управления в России и мире» (2014 г.).

Материалы исследования использованы при чтении лекции по курсу «География транспорта» для студентов кафедр социально-экономической географии зарубежных стран, географии мирового хозяйства, рекреационной географии и туризма географического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова.

Основные положения диссертации отражены в 10 публикациях автора, в т.ч. в 5 статьях в журналах, включенных в перечень рецензируемых российских научных журналов для опубликования результатов диссертаций.

Глава 1. Методы оценки транспортной доступности

Наше исследование начнем с определения понятия транспортной доступности. Затем для определения ее роли в социально-экономическом развитии изучим место транспортной доступности во взаимодействии систем землепользования и транспорта. Все рассмотренные автором методы, применяемые для оценки транспортной доступности территории, объединены в группы в зависимости от способа расчета. В этой главе будет дано подробное описание каждой из них с выделением положительных и отрицательных характеристик и возможной сферы применения.

Понятие доступности территории используется в экономической географии уже давно. Еще в первой половине XIX в. Иоганн фон Тюнен в своей модели изолированного государства давал оценку доступности разных точек территории [10]. С начала XX в. возрастает количество работ, в которых разрабатываются различные модели оценки транспортной доступности. С середины XX в. этот показатель введен в программы по развитию территорий и транспорта. Сейчас транспортная доступность превратилась в один из ключевых показателей оценки эффективности транспортных систем [37].

К настоящему моменту опубликовано большое количество работ на эту тему. Устоявшегося определения понятия «доступность» нет. Каждый исследователь использует свой собственный подход к ее оценке в зависимости от поставленных задач [2]. Наиболее распространенными подходами к определению понятия доступности являются геометрический, социологический и экономический. Согласно геометрическому подходу доступность – функция положения точки в пространстве относительно всех остальных точек в системе, мера относительной близости точек [35]. При социологическом подходе доступность определяется как возможность индивида или группы индивидов, находящихся в определенной точке, участвовать в социально-экономических процессах вне этой точки [39]. Доступность согласно экономическому подходу – чистая выгода, получаемая субъектами при пользовании транспортной системой с учетом сложившегося размещения объектов [53].

Автор понимает под доступностью *характеристику* определенного пункта или территории, показывающую степень *возможности преодоления* выбранными способами *пространства*, отделяющего ее от других рассматриваемых пунктов или территорий. При изучении транспортной доступности исследуется характер преодоления пространства различными видами транспорта [2].

Транспортная доступность в таком понимании взаимосвязана со многими социальными и экономическими процессами, происходящими на территории. Она часто оценивается при проведении экономических, социологических и экономико-географических исследований. Доступность территории сказывается на размещении промышленных предприятий, объектов

сферы услуг, торговли и, в то же время, определяет спрос на них. Развитие транспортной инфраструктуры дает импульс для экономического роста территории, а увеличение доступности рабочих мест, объектов здравоохранения, образования, проведения досуга положительно сказывается на качестве жизни населения. Улучшение транспортной доступности является одной из целей государственной и региональной политики во многих странах мира.

Для понимания роли изменения транспортной доступности в социально-экономическом развитии территории рассмотрим подробнее соотношение транспортной системы и системы землепользования (под землепользованием в данной работе будем понимать территориальную дифференциацию типов использования земли: использование под жилье, офисы, производственные, сельскохозяйственные нужды и т.д.).

В системе землепользования (рис. 1) осуществляется взаимодействие спроса на определенные виды деятельности человека (например, покупку и продажу, проживание, производство и т.д.) и пространственного распределения типов использования земли, обеспечивающих их функционирование (размещение офисов, промышленных предприятий, жилых зданий, сельскохозяйственных территорий и т.д.). Транспортная система включает в себя существующую транспортную инфраструктуру и характеристики ее использования.

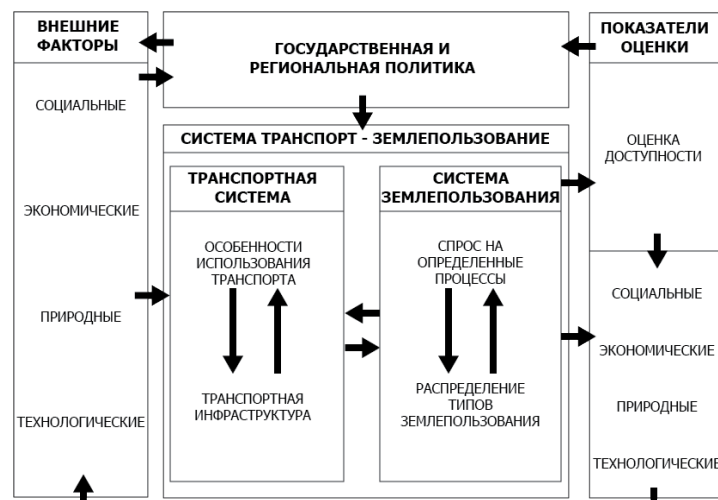


Рис. 1. Связь транспортной системы и системы землепользования.

Составлено автором по [31]

Рассмотренные две системы связаны между собой. Несовпадение между размещением субъектов и процессов, в которых они нуждаются, определяет необходимость перемещения субъектов. Доступность пунктов и территорий, в свою очередь, оказывает влияние на распределение типов землепользования. Взаимодействие систем может быть определено по изменению транспортной доступности, мобильности населения и пространственного распространения транспортных потоков.

На систему землепользования и транспортную систему оказывает влияние ряд внешних факторов. Среди них выделяются экономические (экономический рост, занятость населения,

наличие или отсутствие конкуренции и др.), социальные (половозрастные характеристики населения, уровень его образования, доходов, персональные предпочтения), природные (размещение природных ресурсов, различия в проницаемости пространства в связи с типом растительности, рельефа), технические (информационные технологии, усовершенствование транспортных средств).

Взаимодействие систем землепользования и транспорта при влиянии внешних факторов приводит к изменениям в экономике и социальной сфере страны. Они оцениваются при помощи множества экономических, социальных, природных и технологических показателей (рис. 2). Анализ их изменения в той или иной степени включается в государственную политику, осуществление которой, в свою очередь, сказывается на системе «землепользование-транспорт» и на внешних для нее факторах [21].

В настоящее время предлагается множество методов оценки доступности пунктов и территорий. В зависимости от целей, поставленных перед исследователем, в расчет включаются различные факторы. Однако существует четыре общих этапа, через которые необходимо пройти при использовании большинства методов [2]. Во-первых, исследователю нужно провести выбор степени и типа дезагрегации пространства и объектов исследования. В зависимости от масштаба исследования могут быть использованы различные подходы к оценке. Затем нужно определить начальные (точки, в которых оценивается доступность) и конечные точки (точки, доступность которых оценивается) при проведении исследования. Исследователь должен определиться, влияет ли процесс преодоления пространства на доступность и, в случае положительного ответа, в чем выражается это влияние и как его оценивать. В одних работах не учитывается сложность преодоления пространства, в других расчет построен на прямой зависимости от расстояния, в третьих – используются более сложные функции зависимости. При расчете доступности необходимо оценить веса и привлекательность конечных пунктов и территорий. Для некоторых целей исследования все конечные пункты принимаются за равнозначные, в других работах используется градация на основе различных показателей (людности, валового продукта, наличия различных видов транспорта) и др. В зависимости от специфики расчета, обозначенные выше этапы могут дополняться другими составляющими (например, оценкой спроса и предложения в начальных и конечных пунктах, определение приоритетных видов транспорта при перемещении и др.).

Автором проанализировано более ста методов оценки транспортной доступности, предложенных за последние 70 лет. В зависимости от подходов к расчету они подразделяются на следующие основные группы: топологические, оценки пространственного разграничения, изолиний, потенциалов, инверсионных балансов и пространственно-временные [2].

Рассмотрим каждую из групп методов подробнее.

1.1. Топологические методы

Топологические методы заключаются в анализе графа $G(V,E)$, построенного на основе существующей транспортной сети. Элементом v множества V (вершин/узлов) такого графа является любая конечная/начальная точка транспортной линии, а также любая точка пересечения транспортных линий; элементом e множества E (ребер) такого графа является любой участок транспортной сети, связывающий две вершины и не содержащий ни одной вершины. При топологическом анализе обычно рассматривается наличие или отсутствие связи между вершинами, а количественные характеристики этих связей остаются за рамками исследования. В некоторых случаях используются ориентированные ребра (например, в случае, если связь между узлами осуществляется только в одном направлении).

Топологические методы оценки транспортной доступности отличаются большим разнообразием: от простой оценки количества узлов, связанных одним ребром с исследуемым узлом [86], до сложных методов, включающих анализ цикличности сети с использованием математико-статистических методов.

Рассмотрим граф транспортной сети, состоящий из 6 узлов, 6 ребер и одного цикла (рис. 2).

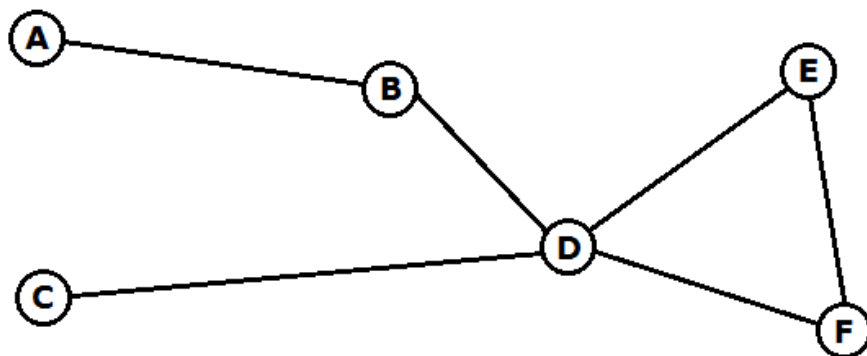


Рис. 2. Граф транспортной сети. Составлено автором

Одним из самых простых топологических способов оценки транспортной доступности является построение матрицы прямой связности одного узла сети с соседними. В ней считается количество прямых связей рассматриваемого узла с остальными. Чем их больше, тем более доступным является узел (табл. 1). В нашем примере таковым является узел D, а наименее доступными – узлы A и C. Несмотря на простоту расчета, метод учитывает только прямые связи между узлами, что сужает область его возможного применения. Он используется в работах Викермана [90], Мацкиевича и Ратайчака [59].

Для более реалистичной оценки транспортной доступности и более глубокой дифференциации пунктов необходимо учитывать связи не только между смежными пунктами, но и не прямые связи между всеми узлами.

Таблица 1

Матрица прямой связности

	A	B	C	D	E	F	Всего
A		1	0	0	0	0	1
B	1		0	1	0	0	2
C	0	0		1	0	0	1
D	0	1	1		1	1	4
E	0	0	0	1		1	2
F	0	0	0	1	1		2

Составлено автором

Большинство топологических методов разработано в рамках математической теории и геометрии. Многие из них содержат обобщенные теоретические выкладки и расчеты, подходящие для любых видов сетей и редко апробируются авторами на примере транспортных систем. Не является исключением метод, разработанный в середине XX в. североамериканским математиком А. Шимбелом [82], который впоследствии получил наименование в честь его автора – индекс Шимбела. Согласно нему доступность узла зависит от суммы кратчайших топологических расстояний между данной и всеми остальными вершинами графа. Индекс рассчитывается по следующей формуле:

$$A_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n d_{ij} \quad (1)$$

где A_i – показатель доступности узла i , d_{ij} – топологическое расстояние (минимальное количество ребер) между узлами i и j , n – количество узлов в графе.

По результатам расчетов строится матрица связности (табл. 2), отражающая топологическое расстояние между всеми парами узлов в сети. Индекс Шимбела для каждого из узлов получается путем суммирования значений по строкам или столбцам. Узел, имеющий наименьший показатель индекса, обладает самой высокой доступностью. В нашем примере это узел D. Наименьшая доступность свойственна узлу A.

Шимбел также предложил методику сравнения различных транспортных систем по доступности входящих в них узлов [82]. Для этого производится суммирование показателей индекса Шимбела для всех узлов сети. Расчет производится по следующей формуле:

$$A_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n d_{ij} \quad (2)$$

где A_0 – показатель доступности рассматриваемой территории, d_{ij} – топологическое расстояние (минимальное количество ребер) между узлами i и j , n – количество узлов в графе.

Сеть, для которой этот показатель ниже, обладает более высокой внутренней доступностью входящих в нее узлов.

Таблица 2

Матрица связности в соответствии с индексом Шимбела

	A	B	C	D	E	F	Всего
A		1	3	2	3	3	12
B	1		2	1	2	2	8
C	3	2		1	2	2	10
D	2	1	1		1	1	6
E	3	2	2	1		1	9
F	3	2	2	1	1		9

Составлено автором

Топологические методы позволяют абстрагироваться от различных факторов пространственной дифференциации территории. В расчет берется только геометрическая составляющая связей между пунктами, при этом степень сложности преодоления пространства между пунктами остается за рамками исследования. Это позволяет сравнивать исключительно сетевые особенности транспортных систем, выявлять их слабые места. Топологические методы отличаются крайней простотой расчета. В качестве исходных данных, достаточных для оценки транспортной доступности, выступает только граф транспортной сети, что облегчает применение методов для территорий с недостаточной информацией по дополнительным показателям.

Топологические методы имеют ряд существенных недостатков. Во-первых, при анализе не учитываются количественные характеристики транспортной сети и ее элементов (длина ребер, длительность движения, издержки). В топологический анализ обычно не включаются характеристики и уровень барьерности (сложности преодоления) территории, по которой проходит транспортная сеть. В качестве начальных и конечных пунктов берутся узлы, т.е. места пересечения ребер. Их веса используются редко, а интересующие исследователя пункты (например, города) не всегда находятся на пересечении автомобильных дорог, в связи с чем могут выпадать из исследования.

Топологические методы оценки транспортной доступности используются крайне редко. Основная ниша их применения – изучение доступности внутри городов с учетом маршрутной сети городского транспорта. При этом расстояния между узлами сети обычно незначительны,

сложность преодоления пространства между ними равнозначна. Исследование доступности позволяет оценить территории, наиболее и наименее доступные маршрутными видами транспорта, и внести соответствующие изменения в программу развития городского транспорта. Топологические методы изредка применяются и в мелкомасштабных исследованиях, например, если нужно сравнить сетевые особенности транспортных систем различных территорий. Однако отсутствие учета количественных характеристик транспорта и дифференциации по сложности преодоления пространства ограничивает сферу применения этой группы методов [2].

1.2. Методы оценки пространственного разграничения

Методы оценки пространственного разграничения подразумевают расчет сложности преодоления пространства, разделяющего начальный и конечный пункт. При этом их характеристики не влияют на итоговое значение показателя. В качестве меры преодоления пространства могут использоваться различные показатели. Основными являются расстояние, время в пути и транспортные издержки.

Расстояние между начальным и конечным пунктами является одним из самых простых и распространенных показателей, используемых при оценке пространственного разграничения. Можно выделить три основных подхода к его определению: по прямой линии, по существующей транспортной сети и их соотношения. Расстояние по прямой линии между пунктами позволяет оценить их распространение в пространстве, густоту. Для расчета транспортной доступности этот подход к определению расстояния не подходит в связи с тем, что реальная транспортная сеть почти никогда не представляет собой прямые линии, соединяющие пункты. Более приемлемым является определение расстояния по существующей транспортной сети. Иногда в расчетах используется относительный показатель, показывающий, насколько расстояние по автодорогам превышает расстояние по прямой линии. Однако он характеризует скорее особенности транспортной системы, нежели транспортную доступность пунктов на определенной территории [2].

При использовании расстояния между пунктами в качестве показателя доступности не учитывается трудность преодоления пространства. Этого можно избежать, выбрав в качестве меры время в пути. В зависимости от объема находящейся в распоряжении исследователя информации оно может быть определено по-разному. В случае его ограниченного количества время в пути может быть рассчитано как отношение расстояния между пунктами к средней скорости перемещения на выбранном виде транспорта. В этом случае территория будет дифференцироваться по уровню транспортной доступности аналогично расчетам с использованием расстояния по существующей транспортной сети. Более реалистичную картину отражает расчет с дробным учетом участков с различной средней скоростью

движения. В некоторых работах также учитывается время, необходимое для того, чтобы добраться пешком до и от места нахождения транспортного средства, вероятность возникновения заторов, время ожидания (при анализе систем общественного транспорта).

Еще одной мерой преодоления пространства являются транспортные издержки. Самый простой метод их оценки включает рассмотрение только переменных издержек на перемещение (стоимость топлива, использования платных автомобильных дорог, парковок) [7]. При наличии более детальной исходной информации в расчет транспортных издержек могут включаться амортизация на транспортные средства, затраты на их регистрацию, ремонт, различные налоги и субсидии. Сравнение доступности с учетом времени в пути и издержек на дорогу можно применять для определения предпочтений между общественным и личным транспортом при перемещении.

Суммарная транспортная доступность пункта получается путем построения матриц доступности, аналогичных матрицам, рассмотренным при изучении топологических методов (табл. 1 и 2).

Рассмотрим метод, предложенный североамериканским исследователем Алленом [12] в 1993 г. Он подчеркивал, что разработанные до него методы не позволяют производить сравнение различных территорий по интегральной транспортной доступности входящих в них пунктов. В связи с этим Аллен ввел свою методику расчета, учитывающую меру оценки пространственного разграничения (время) и все пункты, участвующие в расчете. Транспортная доступность пункта вычисляется как отношение суммы времени в пути до всех пунктов в сети к их общему количеству за исключением исходного. Расчет представлен в формуле (3):

$$A_i = \frac{1}{n-1} \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n T_{ij} \quad (3)$$

где A_i – показатель доступности пункта i (чем он выше, тем ниже доступность), T_{ij} – время в пути из пункта i в пункт j , n – количество рассматриваемых пунктов.

Транспортную доступность территорий, согласно Аллену, можно оценить, вычислив среднее значение показателя доступности всех пунктов на ней:

$$A_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n A_i = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n T_{ij} \quad (4)$$

где A_0 – показатель доступности рассматриваемой территории (чем он выше, тем ниже доступность), A_i – показатель доступности пункта i , T_{ij} – время в пути из пункта i в пункт j , n – количество рассматриваемых пунктов.

Методика Аллена по оценке транспортной доступности апробирована им на примере крупнейших метрополитенских ареалов США, а по результатам расчета автором проведен корреляционный анализ динамики изменения транспортной доступности и занятости населения. Алленом выявлена сильная зависимость увеличения занятости населения от улучшения транспортной доступности территории.

Методы оценки пространственного разграничения, как и топологические, относительно просты в расчете. Они обычно не требуют большого объема исходной информации, что позволяет применять их в условиях недостатка статистических данных. В отличие от топологических методов, в рассматриваемой группе не игнорируется показатель меры пространственного разграничения. Еще одним преимуществом этой группы методов является их относительная универсальность. Используя один методический аппарат, в зависимости от целей исследования можно применять различные показатели меры преодоления пространства (расстояние, время, транспортные издержки и др.). Полученные результаты легко интерпретируются в связи с сохранением единиц измерения исходной формации (например, среднее расстояние в километрах, среднее время перемещения в минутах и т.д.)

У методов оценки пространственного разграничения есть несколько существенных недостатков. Во-первых, в основе расчета лежит линейная зависимость между транспортной доступностью и мерой преодоления расстояния, т.е. принимается допущение, что вероятность совершения перемещения в пункт обратно пропорциональна расстоянию до него. В действительности это правило соблюдается редко: при прочих равных вероятность перемещения при увеличении расстояния снижается быстрее. Во-вторых, в методах оценки пространственного разграничения не учитываются веса начальных и конечных пунктов: они равнозначны для исследователя.

Методы оценки пространственного разграничения используются для расчета транспортной доступности чаще, чем топологические методы. Простота расчета и относительно легкая интерпретация результатов делает эту группу методов основной для использования в работах, ориентированных на широкий круг читателей или выполняемых неспециалистами в области транспорта [2].

1.3. Методы изолиний

Методы изолиний являются продолжением методов оценки пространственного разграничения. Подходы к расчету транспортной доступности пунктов аналогичны, различается только способ представления итоговых результатов. В отличие от методов оценки пространственного разграничения, в методах изолиний не проводится суммирование показателей доступности пунктов относительно исходной точки. Вместо этого на схему или

карту наносится рисунок изолиний выбранного показателя, который позволяет читателю наглядно определить пространственную дифференциацию доступности пунктов [4].

Показатели, используемые для оценки доступности методами изолиний, обычно совпадают с показателями, применяемыми в методах оценки пространственного разграничения: расстояние, время перемещения и транспортные издержки. Этим показателям соответствуют определенные изолинии: изодистанты (линии равных расстояний), изохроны (линии равного времени в пути), изодапаны (линии равных издержек).

Большинство исследований, осуществляемых с помощью методов изолиний, ограничиваются отображением доступности на карте с учетом заранее выбранных градаций показателя. Такой подход встречается особенно часто при разработке и обосновании региональных программ развития, политики в сфере совершенствования транспортных систем. Однако используя метод изолиний, можно проводить и более сложные исследования. В частности, можно рассчитать количество объектов, находящихся в пределах выбранной изолинии, проанализировать распределение объектов по удаленности от начального пункта. Методы изолиний также позволяют определить среднее значение меры преодоления пространства для достижения выбранного количества объектов (например, сколько в среднем потребуется времени, чтобы осуществить перевозки грузов из пункта складирования в пять ближайших точек сбыта). Еще одним направлением их применения является оценка средней численности населения, способной достигнуть выбранного числа объектов за фиксированное значение меры преодоления пространства (например, какая численность населения находится в зоне получасовой доступности от торгового центра).

Одним из примеров проведения подробного анализа на основе метода изолиний является работа североамериканских исследователей Вахса и Кумагаи [92]. Она подразумевает оценку доступности рабочих мест для различных частей агломерации Лос-Анжелеса по состоянию на конец 1960-х гг. Метод предлагается как альтернатива оценки объемов и времени поездок в качестве показателя эффективности транспортных систем в программах по их улучшению. В отличие от многих других работ по оценке доступности, Вахс и Кумагаи используют количественные и качественные показатели, характеризующие начальные и конечные пункты, а именно: соотношение основных профессий, предлагаемых на рынке труда в конечных пунктах, средний уровень заработной платы по ним; предпочтения населения в начальных пунктах в части специализации работы и размера доходов. Показатель рассчитывается путем суммирования количества рабочих мест в конечных пунктах по их специализации и уровню доходов, скорректированного путем применения коэффициента их привлекательности для жителей начального пункта. Оценка осуществляется по следующей формуле:

$$A_i = \frac{1}{100} \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^m P_{ijk} E(t)_{ijk} \quad (5)$$

где A_i – показатель доступности пункта i , j – категория рабочих мест в соответствии с размером заработной платы, k – категория рабочих мест в соответствии с их специализацией, P_{ijk} – коэффициент, показывающий привлекательность рабочих мест с уровнем зарплаты j и специализацией k для жителей пункта i (его значение определяется в результате предварительных социологических опросов); $E(t)_{ijk}$ – количество рабочих мест с уровнем зарплаты j и специализацией k , находящихся в пределах времени в пути t от пункта i .

Метод характеризует транспортную доступность не только как функцию территориального распределения объектов и связей между ними, но и подчеркивает необходимость учета социально-экономической ситуации на территории. Авторы предлагают использовать его как показатель территориальных диспропорций в спросе и предложении на рынке труда при разработке планов по снижению безработицы [2].

Методы изолиний обладают всеми положительными характеристиками методов оценки пространственного разграничения, а именно, простотой расчета, нетребовательностью к исходным данным, универсальностью и легкостью интерпретации результатов. Помимо этого, они являются наиболее наглядными из всех рассматриваемых в этой работе методов. Это способствует использованию этой группы методов в исследованиях, направленных на широких круг читателей, не являющихся специалистами в области транспорта. Одновременно, на основе методов изолиний могут осуществляться более сложные и специфические расчеты, одним из примеров которых является метод Вахса и Кумагаи [92].

В связи со сходством с методами оценки пространственного разграничения методы изолиний обладают теми же отрицательными качествами: учетом исключительно линейной зависимости от меры преодоления пространства и отсутствием градации начальных и конечных пунктов. К этим недостаткам можно добавить субъективность при выборе пороговых значений изолиний при исследовании. В зависимости от выбранной градации показателей можно отобразить одну и ту же информацию на карте по-разному, доведя тем самым до читателя не объективную картину действительности, а субъективное мнение автора. Иногда этот механизм используется при разработке программ и отчетов по развитию территорий: в случае необходимости обоснования увеличения транспортной доступности, могут быть выбраны пороговые значения, показывающие сильные диспропорции в показателе. В противном случае, при необходимости отчета о проделанной работе и выполнении поставленных задач может быть выбрана градация, сглаживающая контрасты на карте. Еще одним недостатком является отсутствие дифференциации получаемого показателя на территории, заключенной между соседними изолиниями. Особенно это критично в

пределах первой изолинии от начального пункта. Различия в доступности объектов, непосредственно примыкающих к нему и объектов, расположенных вблизи первой изолинии, не показаны на карте, в связи с чем у читателя может сложиться ложное впечатление об их равенстве.

Благодаря своей наглядности и понятности для читателей, методы изолиний получили широкое распространение при составлении иллюстративных материалов для включения в различные отчеты и программы развития. Карты с отображением транспортной доступности изолиниями используются для обоснования предложений по совершенствованию транспортной инфраструктуры, по выбору предпочтительных мест для размещения объектов хозяйства. На основе методов этой группы могут осуществляться более сложные расчеты, используемые в социологических и экономических исследованиях [2].

1.4. Методы потенциалов

Методы потенциалов являются одними из самых распространенных при оценке транспортной доступности, применяемых в научных исследованиях. Они отличаются от рассмотренных ранее методов оценки пространственного разграничения вводом в расчет функции меры преодоления пространства и веса конечных точек. Общая формула расчета транспортной доступности имеет следующий вид:

$$A_i = \sum_{j=1}^n W_j f(c_{ij}) \quad (6)$$

где A_i – показатель доступности пункта i , W_j – показатель веса пункта j , $f(c_{ij})$ – функция меры преодоления пространства c_{ij} .

Использование функции меры преодоления пространства делает эту группу методов гибкой в отношении поставленных перед исследователем задач. Она позволяет изменять значимость сопротивления пространства для оценки транспортной доступности. Функция меры преодоления пространства выбирается в соответствии с направлением и целями исследования, в связи с чем в научной литературе присутствует большое количество ее вариаций. Наиболее часто встречаются 4 типа функций, представленных на рис. 3.

Первый тип – это изолиния. Она подразумевает установление пороговых значений, при достижении которых происходит скачкообразное изменение функции. В то же время, между самими пороговыми значениями она остается неизменной. Как уже отмечалось ранее, изолиния является наиболее наглядной для отражения доступности. Однако этому типу свойственна субъективность, в связи с чем не всегда корректно отображается действительность.

Второй тип функции меры преодоления пространства – ступенчатая функция. Ее значения остаются неизменными на заранее выбранном расстоянии от начального пункта,

затем идет линейное ее снижение. Полученные результаты более приближены к реальному поведению субъектов при анализе транспортной доступности.

Третий тип функции меры преодоления пространства получил название функции Хансена в честь североамериканского ученого, впервые применившего ее для оценки транспортной доступности в середине XX в. В основе лежит обратно-пропорциональная зависимость показателя доступности от меры преодоления расстояния. Существует множество вариантов этой функции, основные группы которых будут рассмотрены ниже. Функция Хансена является компромиссным решением в части соблюдения объективности результатов и сохранения легкости восприятия. В связи с этим она является самой популярной в исследованиях транспортной доступности методами потенциалов.

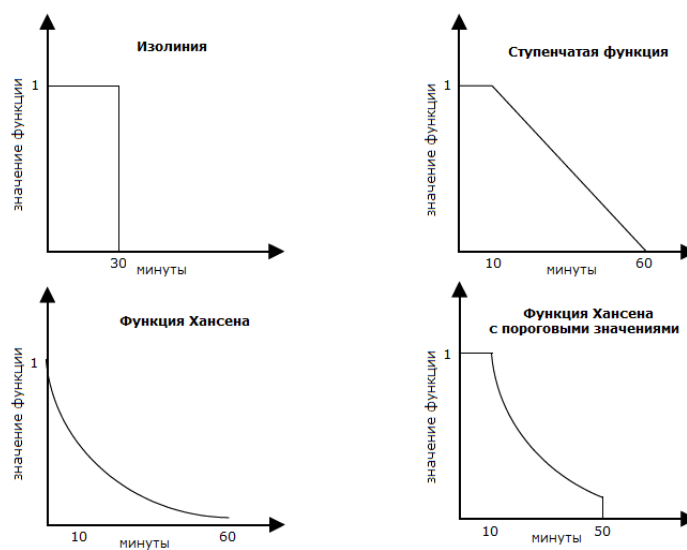


Рис. 3. Виды функций преодоления пространства. Составлено автором

Последний четвертый тип – функция Хансена с пороговыми значениями. Она характеризуется наличием определенного порога по расстоянию, до которого значение функции остается неизменным (по аналогии со ступенчатой функцией), после чего происходит ее снижение в соответствии с обратно-пропорциональной зависимостью. Этот тип наиболее точно совпадает с результатами социологических опросов и полевых исследований перемещения субъектов. Однако восприятие полученных результатов сложнее, что сказывается на нечастом выборе функций этого типа при оценке транспортной доступности.

Рассмотрим подробнее функции Хансена. Приведем три примера, показывающих возможность их применения для различных целей исследования (рис. 4). В соответствии с социологическими исследованиями характер изменения функции в первом и втором вариантах приближен к реальному поведению субъектов при анализе транспортной доступности на внутригородском уровне [32]. Значение первой функции асимптотически стремится к бесконечности при стремлении ее аргумента к нулю, в связи с чем возникает явление самопотенциала, который сильно затрудняет сравнение близких к исходному пункту

территорий со всеми остальными. В связи с этим предпочтительной является вторая функция. Более пологое снижение значений функции 3 более точно отражает действительность при оценке транспортной доступности на междугороднем уровне.

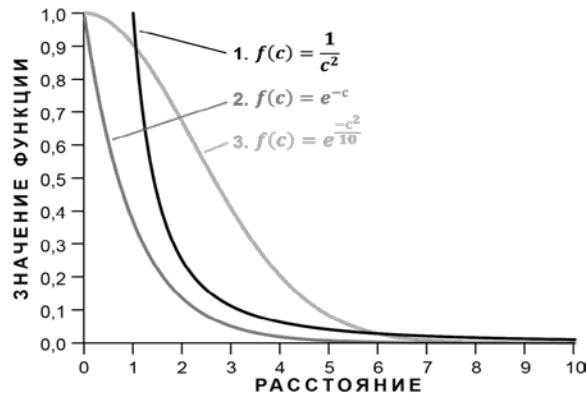


Рис. 4. Варианты изменения значений функций Хансена. Составлено автором

Методы потенциалов характеризуются высокой адаптивностью к поставленным целям исследования за счет использования весов пунктов и различных функций мер преодоления пространства. Для непосредственных расчетов с использованием метода потенциалов не требуется большого объема исходной информации.

Вместе с тем, методы потенциалов обладают рядом недостатков. Во-первых, в них присутствует субъективность при выборе исследователем функции меры преодоления пространства, что сильно влияет на конечные результаты. В связи с этим перед началом расчетов необходимо провести подробное обоснование используемой функции. Во-вторых, использование некоторых функций меры преодоления пространства приводит к явлению самопотенциала, затрудняющего восприятие и анализ полученных результатов (например, функция 1 на рис. 4). В-третьих, в методах потенциала учитываются особенности и веса конечных пунктов, однако исходные пункты никак не дифференцируются.

Гибкость методов потенциалов и возможность их применения для широкого спектра задач в рамках оценки транспортной доступности привели к тому, что они стали одними из самых распространенных в исследованиях транспортной доступности вне зависимости от размеров рассматриваемой территории [2].

1.5. Методы инверсионных балансов

В 1971 г. британский исследователь Вильсон показал, что существует четыре основных типа пространственного взаимодействия [96]. Один из них, взаимодействие с учетом сдерживания по производству, рассматривается при оценке транспортной доступности методами потенциалов. Остальные типы получили следующие названия: взаимодействие с учетом сдерживания по привлекательности, взаимодействие без сдерживания и взаимодействие с двойным сдерживанием. Последний тип выразился в отдельной группе методов оценки транспортной доступности – методах инверсионных балансов.

В отличие от методов потенциала, методы инверсионных балансов учитывают особенности не только конечных пунктов, но и начальных [32]. Расчет доступности подразумевает произведение выбранных исследователем количественных характеристик начальных и конечных пунктов, функции меры преодоления расстояния и специальных балансировочных коэффициентов. Общая формула расчета доступности методом инверсионных балансов выглядит следующим образом:

$$T_{ij} = a_i b_j O_i D_j f(c_{ij}) \quad (7)$$

где T_{ij} – показатель оценки взаимодействия между пунктами i и j , a_i и b_j – балансировочные коэффициенты, обеспечивающие необходимое соотношение между исходящими и входящими потоками, O_i – количественный показатель начального пункта, D_j – количественный показатель конечного пункта, $f(c_{ij})$ – функция меры преодоления пространства c_{ij} .

Балансировочный коэффициент a_i обеспечивает соответствие исходящего потока из начального пункта i (например, количество поездок) его количественному показателю (например, численности населения), коэффициент b_j – соответствие входящего потока в конечный пункт j его количественному показателю (например, количеству рабочих мест). Эти коэффициенты взаимозависимы:

$$a_i = \frac{1}{\sum_{j=1}^n b_j D_j f(c_{ij})} \quad (8)$$

$$b_j = \frac{1}{\sum_{i=1}^m a_i O_i f(c_{ij})} \quad (9)$$

Вначале коэффициент b_j принимается равным единице, после чего по формуле 8 вычисляется значение коэффициента a_i . Найденное значение подставляется в формулу 9, после чего находится новое значение b_j , которое снова участвует в расчете по формуле 8. Эти итерации повторяются до того момента, пока между двумя коэффициентами не установится баланс (т.е. когда их значения почти перестанут меняться). Полученные значения a_i и b_j подставляются в формулу оценки доступности (7), после чего рассчитывается итоговый показатель.

Основным преимуществом метода инверсионных балансов является учет эффекта конкуренции как в спросе (начальных пунктах), так и предложении (конечных пунктах). Например, при оценке доступности рабочих мест, существует конкуренция как за хорошие места между ищущими работу, так и за квалифицированные кадры между работодателями. При наличии такой конкуренции, результаты исследования оказываются более правдоподобными, чем при использовании рассмотренных ранее методов [66].

Главными недостатками методов инверсионных балансов являются трудоемкость расчетов и сложность восприятия полученных результатов. Для оценки доступности требуются характеристики начальных и конечных пунктов, в связи с чем методы этой группы более чувствительны к наличию и качеству исходной информации. Интерпретация полученных результатов и дальнейший анализ затруднены. Как и в случае методов потенциалов, существует субъективность в выборе функции меры преодоления пространства.

В связи со сложностью расчетов и трудностью анализа полученных результатов методы инверсионных балансов получили ограниченное применение в научных работах [2].

1.6. Пространственно-временные методы

Пространственно-временные методы впервые были разработаны в работах Т. Хегерстранда [36] и Лундской географической школы. Они основывались на построении пространственно-временных призм индивидов, показывающих, где и когда они потенциально могут оказаться. Для оценки транспортной доступности пространственно-временными методами собирается информация об обычных маршрутах и местонахождениях индивида или группы индивидов в течение определенного периода времени (рис. 5).

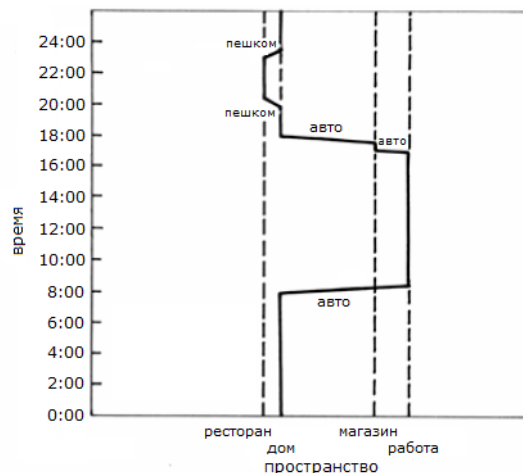


Рис. 5. Схема перемещения индивида в течение дня. Составлено автором

Именно эти пространственно-временные призмы участвуют в оценке транспортной доступности, однако в зависимости от целей исследования подходы могут различаться. Например, может производиться оценка количества возможных объектов (супермаркетов, театров, поликлиник и т.д.), которые могут быть достигнуты индивидом на маршруте между фиксированными местоположениями при заданном количестве времени на дорогу. Некоторые исследователи рассчитывают площадь возможной зоны отклонений от этого маршрута. Для оценки надежности сети и доступности в случае выпадения из нее отдельных звеньев может анализироваться количество возможных вариантов пути.

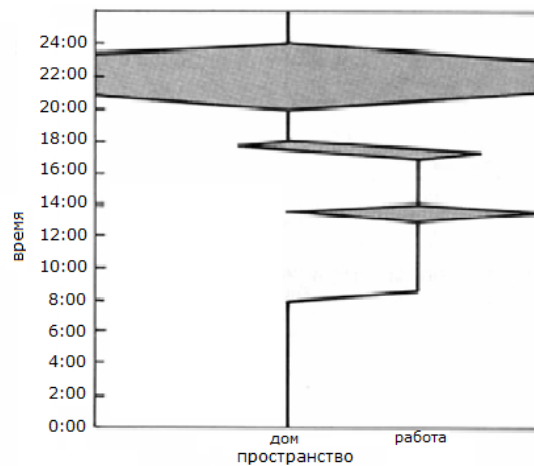


Рис. 6. Пространственно-временные призмы потенциального перемещения индивида в течение дня. Составлено автором

Пространственно-временные методы позволяют наиболее точно оценить доступность определенных объектов для конкретных индивидов или их групп благодаря учету большого количества показателей, в т.ч. поведенческих.

Для расчета доступности пространственно-временными методами необходимо осуществить большую работу по проведению социологических опросов населения и моделированию обычного поведения и маршрутов в течение исследуемого промежутка времени. Это является очень время- и трудозатратным процессом. Также эта группа методов является крайне дезагрегированной. В связи со сложностью сбора информации и тем, что большинство людей осуществляет регулярные поездки на небольшие расстояния, методы применимы только при крупномасштабных исследованиях. Оценка осуществляется только для отдельных людей или небольших их групп.

Полученные пространственно-временными методами результаты имеют большую ценность для целей размещения предприятий сферы услуг, а также при объяснении многих социологических процессов. Однако в связи с высокой трудоемкостью и возможностью оценки только для небольших территорий, массового распространения в географических исследованиях методы не получили.

В табл. 3 представлены в обобщенной форме основные преимущества и недостатки выделенных групп методов оценки транспортной доступности. Самыми простыми для расчета и нетребовательными к исходной информации являются топологические методы и методы оценки пространственного разграничения. У них есть несколько существенных недостатков, ограничивающих сферу их применения: равноценность всех точек, отсутствие использования весов конечных пунктов и слабое вовлечение в расчет особенностей преодоления пространства. Методы изолиний обладают преимуществами высокой наглядности и простоты понимания полученной информации, однако их основным недостатком является субъективность при выборе многих критериев для анализа. Методы инверсионных балансов

позволяют более реалистично оценить доступность, учитывая характеристики конечных и начальных точек. Редкое использование этих методов в литературе связано со сложностью расчета и трудностью интерпретации полученных результатов. Пространственно-временные методы наиболее точно оценивают доступность выбранных объектов для индивидов и их групп, однако их применение ограничено сложностью получения первичной информации. Они используются для крупномасштабных исследований. Для общей оценки транспортной доступности населенных пунктов на средне- и мелкомасштабном уровне исследований наиболее подходящими являются методы потенциалов с корректным выбором функции меры преодоления расстояния. Несмотря на присутствие фактора субъективности при выборе функции, методы потенциалов обладают высокой адаптивностью к целям исследования, не требуют значительной исходной информации и учитывают веса конечных пунктов. С этим связано их активное использование в научной литературе [2].

В этой главе выделены шесть основных групп оценки транспортной доступности территории: топологические методы, методы оценки пространственного разграничения, методы изолиний, методы потенциалов, методы инверсионных балансов и пространственно-временные методы. Каждая из групп обладает собственными преимуществами и недостатками, обозначенными здесь в общих чертах. Для их более подробного анализа в следующих главах мы проведем сравнение эффективности основных методов на примере нескольких контрастных стран Южной Америки и сравним полученные результаты.

Таблица 3

Преимущества и недостатки основных групп методов оценки транспортной доступности

№ п/п	Наименование группы методов	Преимущества	Недостатки	Авторы, разработавшие основные методы группы
1	Топологические методы	1. Простота расчета 2. Небольшое количество исходных показателей 3. Концентрация только на сетевых особенностях транспорта	1. Нет учета линейных характеристик транспортной сети 2. Нет учета характеристик территорий 3. Нет дифференциального подхода к начальным и конечным точкам	Бугроменко [1] Ричардсон, Янг [74] Шойрер, Порта [72] Шимбел [82] Тааффе, Готье [86]
2	Методы оценки пространственного разграничения	1. Простота расчета 2. Небольшое количество исходных показателей	1. Линейная зависимость от меры преодоления пространства не всегда отражает действительность 2. Нет учета веса конечных точек	Аллен, Лю, Сингер [12] Инграм [43]
3	Методы изолиний	1. Наглядность 2. Простота понимания для неспециалистов	1. Субъективность при выборе пороговых значений изолиний 2. Отсутствие дифференциации значений доступности точек, находящихся между соседними изолиниями	Бреени [17] Доманьски [24] Тёрнквист [87] Вахс, Кумагаи [92]
4	Методы потенциалов	1. Высокая адаптивность к целям исследования 2. Небольшое количество исходных показателей 3. Учет весов конечных пунктов	1. Нет дифференциации начальных пунктов 2. Субъективность при выборе функции меры преодоления пространства 3. Возможно явление самопотенциала	Хэнди [37] Хансен [39] Инграм [43] Кибл [47] Салес-Филью [78]
5	Методы инверсионных балансов	1. Учет конкуренции как в начальных, так и в конечных пунктах 2. Более реалистичная оценка доступности по сравнению с другими методами	1. Сложность расчета 2. Сложность интерпретации результатов 3. Субъективность при выборе функции меры преодоления пространства	Далви, Мартин [21] Реджиани [73]
6	Пространственно-временные методы	1. Точная оценка индивидуальной доступности 2. Учет большого количества факторов	1. Сложность получения исходных данных 2. Дезагрегированный подход 3. Применение только для крупномасштабных исследований 4. Сложность расчета	Леннторп [52] Миллер [63], [64]

Составлено автором

Глава 2. Транспортные системы стран Южной Америки

Во второй главе будут изучены особенности транспортных систем стран Южной Америки. Это позволит осуществить выбор контрастных стран региона для сравнения эффективности рассмотренных в предыдущей главе методов оценки транспортной доступности территории и дать более корректную интерпретацию полученных результатов. Для структуризации информации, помимо анализа особенностей транспортных систем стран региона, в этой главе будет проведена их типология.

Южная Америка выбрана не случайно для сравнения методов оценки транспортной доступности. В этот обширный регион входят контрастные в природном и в социально-экономическом плане территории. Транспортные системы стран не похожи друг на друга, в связи с чем появляется возможность для более разностороннего сравнения. На континенте есть как территории с высокой плотностью населения и транспортной освоенностью, так и слабозаселенные территории, на которых отсутствует сеть автомобильных дорог. Тем самым можно провести аналогию с Россией, характером ее заселенности и транспортной освоенности. Большинство стран Южной Америки не публикует статистическую информацию по населению, хозяйству и транспорту в объеме, достаточном для проведения подробного анализа транспортной доступности. В связи с этим будет проведен анализ возможности применения различных методов в условиях ограниченности исходной информации. Страны Южной Америки выбраны потому, что автор занимался изучением этого региона более 9 лет. Основные характеристики транспортных систем стран Южной Америки представлены в табл. 4.

Контрастность региона в природном и социально-экономическом плане предопределяет отличия в сценариях развития транспортных систем. Страны Южной Америки подразделены на следующие типы по особенностям пространственной организации их транспортного сообщения¹:

1. страны с относительно равномерным транспортным покрытием территории (Аргентина, Уругвай);
2. страны с сильными территориальными диспропорциями развития транспортной сети и наибольшей ее плотностью на прибрежных территориях (Бразилия, Венесуэла, Чили);

¹ Типология проведена по плавающему признаку. Для получения наиболее полной картины при сравнении эффективности методов оценки транспортной доступности выделены типы стран в соответствии с уровнем транспортной освоенности их территории, характеристиками районов наибольшей плотности транспортной сети. В отдельные типы выделены страны, не имеющие выхода к морю, и страны с низким уровнем развития транспортных систем.

Таблица 4

Основные характеристики транспортных систем стран Южной Америки

Показатель	Единица измерения	Аргентина	Боливия	Бразилия	Венесуэла	Гайана	Колумбия	Парагвай	Перу	Суринам	Уругвай	Чили	Эквадор
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Характеристика страны													
Площадь страны	тыс км ²	2 780,4	1 098,6	8 514,9	912,1	215,0	1 141,7	406,8	1 285,2	163,8	176,2	756,1	256,4
Население страны	тыс чел.	40 765	10 088	196 655	29 437	756	46 927	6 568	29 400	529	3 380	17 270	14 666
Плотность населения	чел./км ²	14,7	9,2	23,1	32,3	3,5	41,1	16,1	22,9	3,2	19,2	22,8	57,2
ВВП по ППС	млн долл. США	409 869,1	19 491,4	2 110 719,0	291 803,9	2 332,4	304 415,3	20 630,9	165 571,6	4 270,5	41 767,0	227 910,5	64 717,1
Расходы на транспорт в ВВП	млн долл. США	32 672,4	2 012,3	172 513,7	17 959,3	253,7	20 708,9	1 571,1	15 665,5	282,5	3 109,9	14 939,4	6 791,7
Доля транспорта и телекоммуникаций в ВВП	%	8,0%	10,3%	8,2%	6,2%	10,9%	6,8%	7,6%	9,5%	6,6%	7,4%	6,6%	10,5%
Характеристика инфраструктуры													
Общая протяженность автомобильных дорог	км	231 374	62 479	1 751 868	96 155	3 995	164 257	29 500	78 829	4 304	77 732	79 604	43 197
Доля автомобильных дорог с твердым покрытием	%	30,0%	7,0%	15,0%	33,6%	14,8%	17,0%	13,0%	14,4%	26,3%	10,0%	20,2%	15,0%
Густота сети автомобильных дорог (коэффициент Энгеля)	-	22	19	43	19	10	22	18	13	15	101	22	22
Общая протяженность железных дорог	км	36 966	3 652	28 538	806	0	874	36	1 907	0	2 993	7 082	967
Общая протяженность трубопроводов, в т.ч.	км	39 850	9 646	27 477	16 288	0	15 216	0	4 039	50	417	5 648	4 255
<i>общая протяженность нефтепроводов</i>	км	6 248	2 511	4 831	8 569	0	6 796	0	1 819	50	160	985	2 658
<i>общая протяженность газопроводов</i>	км	29 930	5 457	17 321	5 941	0	4 991	0	1 526	0	257	3 160	71
<i>общая протяженность нефтепродуктопроводов</i>	км	3 631	1 627	4 722	1 778	0	3 429	0	15	0	0	722	1 526
<i>общая протяженность прочих продуктопроводов</i>	км	41	51	603	0	0	0	0	679	0	0	781	0

Составлено автором

3. страны с сильными территориальными диспропорциями развития транспортной сети и наибольшей ее плотностью на горных территориях (Колумбия, Перу, Эквадор);

4. страны, не имеющие выхода к морю (Боливия, Парагвай);

5. страны со слабым развитием транспортной системы (Гайана, Суринам, Французская Гвиана).

В работе рассмотрены транспортные системы всех стран Южной Америки. Для удобства сравнения информации применялся единый формализованный подход к описанию национальных транспортных систем:

1. Вначале дается краткий обзор общих социально-экономических характеристик страны, обозначается доля транспорта в ВВП и приводится соотношение видов транспорта в стране.

2. Затем делается анализ внутренних различий в развитии и функционировании транспортной сети. Выделяются части страны с повышенным и пониженным уровнем транспортной освоенности, анализируется распространение видов транспорта по территории.

3. Дается характеристика автомобильного транспорта с указанием протяженности автомобильных дорог, доли дорог с твердым покрытием. Описывается характер покрытия территории сетью автодорог, рассчитывается коэффициент Энгля для сети автомобильных дорог².

4. Приводится характеристика железнодорожного транспорта с указанием протяженности линий, соотношения длины путей с различной шириной колеи. Анализируются особенности перевозок по железным дорогам.

5. Осуществляется описание водного транспорта с перечислением основных морских портов и указанием их грузооборота и специализации. Выделяются основные речные бассейны, протяженность судоходных путей. Перечисляются крупнейшие речные порты, их грузооборот и специализация.

6. Дается характеристика воздушного транспорта с указанием количества аэропортов с твердым покрытием ВПП. Перечисляются крупнейшие аэропорты с указанием их пассажирооборота.

7. Приводится характеристика трубопроводного транспорта, анализируется его протяженность и наличие различных видов трубопроводов.

8. Перечисляются основные торговые партнеры внутри региона. Анализируется соотношение видов транспорта, участвующих во внешнеторговой деятельности внутри Южной

² Коэффициент Энгля рассчитывается по формуле: $K_3 = \frac{L}{\sqrt{PS}}$, где L – протяженность автомобильных дорог в км, P – численность населения страны в чел., S – площадь страны в км².

Америки и с остальными странами. Указывается количество пересечений государственной границы с сопредельными странами.

Для анализа использовались данные статистических ведомств этих стран, информация министерств, курирующих транспортные вопросы, отчеты Латиноамериканской ассоциации интеграции [25], Экономической комиссии ООН по странам Латинской Америки [50] [88], Всемирного банка [97] и других международных организаций.

2.1. Страны с относительно равномерным транспортным покрытием территории

2.1.1. Аргентина

Аргентина является второй по площади (2780,4 тыс км²) и третьей по населению (40,8 млн чел., 2011 г.) страной Южной Америки и обладает развитой системой транспорта, в которой представлены все его основные виды (рис. 7). Доля транспорта в ВВП страны – 8,0%, что соответствует среднему значению по региону. В Аргентине представлены все основные виды транспорта. Автомобильный транспорт преобладает в грузовых и пассажирских перевозках внутри страны. По железным дорогам перевозятся, в основном, грузы. Объемы транспортировки за последние десятилетия снизились. Водный транспорт важен как для внутренних, так и для международных перевозок. Особое значение для страны имеет бассейн рек Парана-Парагвай. Воздушный транспорт преобладает в перевозках людей на дальние расстояния. Аргентина обладает развитой сетью трубопроводов [6].

В Аргентине отсутствуют крупные ареалы с низким уровнем транспортной освоенности. Автомобильные дороги проложены по всей территории страны, их повышенная плотность отмечается в центральных и северных частях, в то время как на юге и западе Аргентины сеть более разрежена [5]. Железнодорожные перевозки, как и перевозки по внутренним водным путям осуществляются, в основном, в центральной и северной частях страны.

По протяженности автомобильных дорог Аргентина (231 274 км) существенно уступает Бразилии, но опережает все остальные южноамериканские страны. Треть автодорог Аргентины имеет твердое покрытие. Длина национальных автомагистралей составляет 38 464 км. Сеть автодорог охватывает почти полностью территорию страны и связывает все ее провинции. Наиболее оживленные участки автомагистралей являются платными, в т.ч. Росарио – Санта-Фе - первый такой участок в Латинской Америке, открытый в 1951 г. Коэффициент Энгеля для сети автомобильных дорог страны равен 22. Автомобильный транспорт является доминирующим для внутренних перевозок как грузов, так и пассажиров. Структура автомобильных дорог страны является радиальной с центром в Буэнос-Айресе и наибольшей плотностью в зоне Пампы.

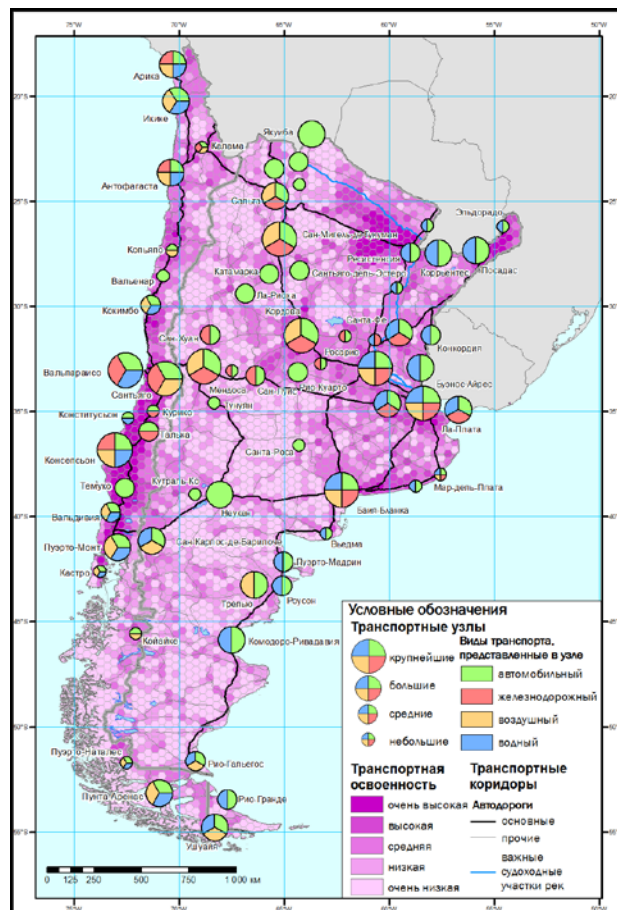


Рис. 7. Транспортная система Аргентины и Чили. Составлено автором

Водный транспорт преобладает во внерегиональных перевозках грузов. Морской транспорт отличается высокой концентрацией грузов. Доля пяти крупнейших морских портовых комплексов страны превышает 98% общего грузооборота аргентинских морских портов. Все они находятся в центральной части страны, в пределах провинции Буэнос-Айрес или внутри столичного округа. Среди них:

1. **Буэнос-Айрес**, включая Пуэрто-Нуэво и Док-Суд. Грузооборот в 2011 г. составил 12,3 млн т. Основные грузы, обрабатываемые портом – контейнеры, нефть и нефтепродукты.
2. **Баия-Бланка**, включая Инхильеро-Уайт, Пуэрто-Гальван, Пуэрто-Росалес. Грузооборот в 2011 г. – 11,9 млн т. Специализация порта – зерновые, нефть и нефтепродукты.
3. **Ла-Плата**. Грузооборот составляет 5,3 млн т. Основные грузы – контейнеры, нефтепродукты, автомобили.
4. **Кекен**. Грузооборот равен 4,4 млн т. Специализация порта – сельскохозяйственная продукция.
5. **Мар-дель-Плата**. Грузооборот – 0,7 млн т. Основные грузы – контейнеры, нефтепродукты, сельскохозяйственная продукция.

Протяженность судоходных участков рек и каналов Аргентины составляет более 11 000 км. Бассейн рек Парана-Парагвай образует самую длинную в мире систему естественных судоходных участков. По р. Парана вплоть до района Росарио могут проходить океанские суда

типа Ранапах. Система рек Парана-Парагвай является важнейшей транспортной осью, связывающей страны, входящие в Меркосур. Через нее осуществляется значительная часть сельскохозяйственного экспорта Аргентины и большинство внешнеторговых операций Парагвая. Крупнейшие речные порты страны расположены на реке Парана. Они обладают большим грузооборотом, чем морские порты страны. Перечислим основные речные порты Аргентины.

1. **Портовый комплекс Сан-Мартин – Сан-Лоренсо.** Расположен недалеко от города Росарио. Его грузооборот в 2011 г. составил 44,5 млн т. Порт специализируется на сельскохозяйственной продукции, в частности на бобовых и зерновых культурах.

2. **Росарио.** Грузооборот – 18,4 млн т. Основные грузы – сельскохозяйственная продукция, контейнеры, генеральные грузы.

3. **Сан-Николас.** Грузооборот составляет 6,7 млн т. Специализация порта – зерновые, железная руда, сталь, нефтехимическая продукция.

4. **Кампана.** Грузооборот в 2011 г. равен 5,7 млн т. Порт отличается большой диверсификацией грузов: перевозятся генеральные грузы, металлы, кокс, сталь, нефть, нефтепродукты, зерновые, цитрусовые.

Аргентина имеет регулярное воздушное сообщение с большинством стран Северной и Южной Америки и многими европейскими странами. На ее территории функционирует 54 аэропорта, 37 из которых отданы в управление частным компаниям. Крупнейшие аэропорты страны:

1. **Эсейса (EZE).** Расположен в 35 км к юго-западу от Буэнос-Айреса. Пассажирооборот в 2012 г. – 8,8 млн чел. Это основной аэропорт для трансатлантических и некоторых региональных рейсов.

2. **Аэропарке-Хорхе-Ньюберри (AEP).** Расположен в пределах городской черты Буэнос-Айреса, на берегу Ла-Платы. Пассажирооборот – 7,6 млн пасс. Аэропорт является основным для внутренних и некоторых региональных рейсов.

3. **Пахас-Бланкас (COR).** Находится в 9 км от г. Кордова. Пассажирооборот – 1,5 млн чел.

4. **Эль-Плумерильо (MDZ).** Расположен в 11 км от Мендосы. Пассажирооборот – 1,1 млн чел.

5. **Пуэрто-Игуасу (IGR).** Расположен в 5 км от Пуэрто-Игуасу, недалеко от водопадов Игуасу и границы с Бразилией. Пассажирооборот – 0,6 млн чел.

Трубопроводный транспорт в Аргентине получил наибольшее развитие среди всех стран Южной Америки. Протяженность нефтепроводов страны составляет 6248 км. Они протянулись от месторождений нефти к основным центрам нефтепереработки. Основные трубопроводы: Ла-Плата – Баия-Бланка – Неукен – Мендоса, Рио-Пескадо – Кочабамба (Боливия). Газопроводы

Аргентины имеют протяженность 29 930 км. В настоящий момент они эксплуатируются частными компаниями. Крупнейшие из них – Transportadora de Gas del Norte (газопроводы Кампо-Дуран – Сан-Херонимо, Лома-де-Лата – Сан-Херонимо), Transportadora de Gas del Sur (газопроводы Неукен – Баия-Бланка – Буэнос-Айрес, Неукен – Баия-Бланка, Огненная Земля – Ла-Плата).

Во внешней торговле со странами Южной Америки преобладают автомобильный (46% стоимости экспорта, 45% импорта, 2012 г.) и водный транспорт (48% экспорта, 41% импорта). Внешнеторговые связи с остальными странами осуществляются водным транспортом (90% экспорта, 62% импорта). Основные торговые партнеры в Южной Америке: Бразилия, Чили и Уругвай. Между Аргентиной и ее соседями существует 72 сухопутных пограничных перехода: 43 с Чили, 5 с Боливией, 7 с Парагваем, 14 с Бразилией и 3 с Уругваем.

2.1.2. Уругвай

Несмотря на небольшую территорию (176,2 тыс км²) и население (3,3 млн чел., 2011 г.), Уругвай обладает развитой транспортной системой (рис. 8). Доля транспорта в ВВП страны – 7,4%, что немного ниже среднего по Южной Америке. Основными видами транспорта являются автомобильный (внутренние пассажиро- и грузоперевозки, торговля с соседними странами), водный и воздушный [6].

В Уругвае нет обширных территорий с низким уровнем транспортной освоенности. Сеть автомобильных дорог относительно равномерно покрывает всю территорию страны. Водный транспорт получил развитие по границам Уругвая: по Ла-Плате на юге и по р. Уругвай на западе.

Уругвай имеет сопоставимую с Чили и Перу (значительно превосходящими его по площади) длину автомобильных дорог – 77 732 км, 10% которых имеет твердое покрытие. Сеть национальных автомагистралей длиной 8 698 км имеет веерообразную структуру с центром в Монтевидео и лучами в направлении государственных границ. Многие из них являются платными. В Уругвае нет обширных по площади районов, к которым отсутствует доступ по автомобильным дорогам. Уругвай обладает наибольшим значением плотности автодорог (коэффициента Энгеля) в Южной Америке – 101.

Первая железнодорожная линия Уругвая открыта в 1868 г. Наиболее быстрый рост сети линий пришелся на первую половину XX в. В отличие от большинства стран региона, железные дороги Уругвая имеют единую европейскую стандартную ширину колеи – 1435 мм. Уже с 1950-х гг. железнодорожный транспорт начал испытывать серьезную конкуренцию со стороны автомобильного. Из построенных 2 883 км железных дорог в настоящее время эксплуатируется только 42%. Грузовые перевозки резко сократились и составили в 2012 г. 205 млн т-км, а пассажирские перевозки были отменены на всей территории страны за исключением

столичного района (линии Монтевидео – Флорида, 109 км; Монтевидео – Сан-Хосе-де-Майо, 96 км). Железные дороги страны принадлежат государственной монополии Administración de Ferrocarriles del Estado (AFE).

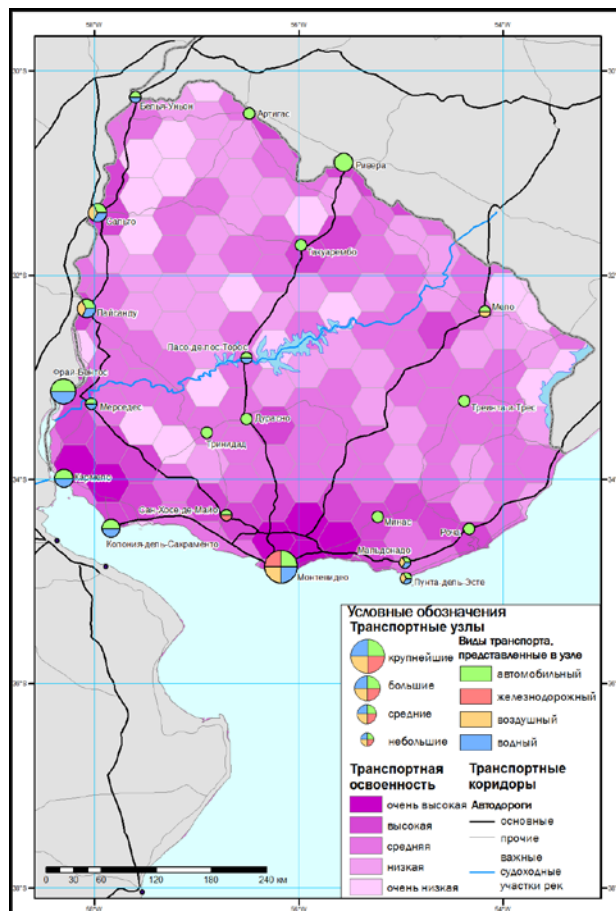


Рис. 8. Транспортная система Уругвая. Составлено автором

Водным транспортом перевозится большинство грузов, участвующих во внешней торговле Уругвая. Помимо Ла-Платы судоходными являются реки Уругвай и Рио-Негро. Протяженность водных путей составляет 1 600 км. В стране существует 9 портов: на Ла-Плате – Монтевидео, Колония (пассажирский), Пунта-дель-Эсте (пассажирский), Хуан-Лакасе; на р.Уругвай – Кармело (пассажирский), Нуэва-Пальмира, Фрай-Бентос, Пайсанду и Сальто. Река Уругвай проходима для морских судов вплоть до Фрай-Бентоса. Порт Монтевидео занимает 49-е место в Латинской Америке по грузообороту (7,6 млн т) и 21-е место по контейнерным перевозкам (588,4 тыс TEU). Порт оборудован терминалом для приема круизных судов. Порт Нуэва-Пальмира является важным промежуточным пунктом, связывающим морские перевозки и перевозки по бассейну рек Парана-Парагвай и Уругвай. Между Уругваем и Аргентиной налажено пассажирское сообщение по линиям Колония-дель-Сакраменто – Буэнос-Айрес, Монтевидео – Буэнос-Айрес, Пунта-дель-Эсте – Буэнос-Айрес (летом), Кармело – Тигре, Сальто – Конкордия.

В Уругвае действует 11 аэропортов с ВПП с твердым покрытием. Внутренние пассажирские авиаперевозки не пользуются большой популярностью среди населения.

Большинство аэропортов специализируется на обслуживании международных пассажироперевозок. Крупнейшие из них по пассажирообороту в 2012 г. – Карраско (Монтевидео, MVD) – 1,8 млн пасс., Пунта-дель-Эсте (PDP) – 0,2 млн пасс. Аэропорт Пунта-дель-Эсте в 1993 г. стал первым аэропортом в Латинской Америке, переданным в частные руки.

Трубопроводный транспорт представлен в Уругвае газопроводом «Крус-дель-Сур» длиной 257 км, соединяющим Буэнос-Айрес и Монтевидео и нефтепроводом Сан-Игнасио – Монтевидео длиной 160 км.

В трансграничных перевозках со странами Южной Америки преобладает автомобильный транспорт (52% стоимости экспорта, 78% - импорта, 2012 г.). Товары, участвующие в торговле с другими странами, перевозятся преимущественно морским транспортом (69% экспорта, 79% импорта). Основные торговые партнеры Уругвая в Южной Америке: Бразилия, Аргентина и Венесуэла. Сухопутные внешнеторговые потоки между Уругваем и его соседями проходят через 9 пограничных переходов (6 с Бразилией и 3 с Аргентиной).

В программу развития транспорта страны включены пункты по улучшению качества автодорог страны (1 125 млн долл. США), восстановлению 597 км железных дорог (420 млн долл. США) и строительству нового порта в департаменте Роча (1 060 млн долл. США).

2.2. Страны с сильными территориальными диспропорциями развития транспортной сети и наибольшей ее плотностью на прибрежных территориях

2.2.1. Бразилия

Бразилия является крупнейшей как по площади (8 514,9 тыс км²), так и по населению (196,7 млн чел., 2011 г.) страной Южной Америки. Доля транспорта в ВВП – 8,2%, что чуть выше среднего показателя по региону. В Бразилии развиты все основные виды транспорта: автомобильный (пассажиро- и грузоперевозки), железнодорожный (грузоперевозки, основной груз – железная руда), водный, воздушный и трубопроводный (рис. 9).

Транспортная освоенность территории Бразилии неравномерна. Сеть автомобильных дорог достигает максимальной плотности в прибрежной зоне и в районе Центр-Запад, в то время как в Амазонском бассейне она крайне разрежена. Железнодорожный транспорт также используется в основном в штатах, имеющих выход к побережью Атлантического океана. Водный транспорт, в свою очередь, преобладает в перевозках в бассейне Амазонки и обеспечивает связи удаленных и несвязанных дорожной сетью населенных пунктов [6].

Бразилия обладает самой крупной транспортной системой среди стран Южной Америки и занимает лидирующие позиции в регионе по большинству показателей ее развития. Однако транспорт Бразилии отличается сильными территориальными диспропорциями. Наибольшее развитие он получил в густонаселенных прибрежных районах: на северо-востоке, юго-востоке и

юге страны, в то время как транспортная освоенность Амазонского бассейна крайне низка. Новые автомобильные и железные дороги в этом регионе выступают осями развития территории.

По протяженности автомобильных дорог (1 751 868 км) Бразилия лидирует в Южной Америке и занимает 4-е место в мире (после США, КНР и Индии). Однако только 15% всех автодорог имеют твердое покрытие, в связи с чем во время дождей многие грунтовые дороги становятся непроходимыми для грузового транспорта, что увеличивает издержки на грузоперевозки. Длина автомагистралей федерального значения составляет 74 073 км. Ключевые участки автомагистралей юго-востока и юга страны отданы в концессии частным компаниям, которые собирают плату за проезд. Автомобильный транспорт доминирует в перевозках грузов и пассажиров. Правительство Бразилии активно развивает программу по замещению автомобильного топлива из нефтепродуктов на биодизельное. По коэффициенту Энгеля сети автомобильных дорог Бразилии (43) уступает в регионе только Уругваю.

В отличие от всех остальных стран Латинской Америки, железнодорожный транспорт Бразилии имеет большое значение для грузоперевозок внутри страны. Первые железные дороги были частными, затем железнодорожный транспорт полностью перешел в руки государства. В конце XX в. в связи с необходимостью привлечения инвестиций для модернизации сети и подвижного состава, большинство линий было приватизировано. В настоящий момент сеть железных дорог Бразилии самая протяженная среди южноамериканских стран. В Бразилии не используется железнодорожная колея единой ширины. 81% всей протяженности сети приходится на метровую колею (1 000 мм), 18% - на широкую колею (1 600 мм), 1% - на другие виды колеи (двойная колея 1 600 мм / 1 000 мм, европейская стандартная колея 1 435 мм, узкая колея 762 мм). Железнодорожный транспорт обладает узкой специализацией по видам перевозимых грузов: железная руда, сельскохозяйственная продукция (в основном, соя), бокситы, удобрения. Пассажирский железнодорожный транспорт распространен только в крупных городских агломерациях. Существует проект строительства высокоскоростной железной дороги Рио-де-Жанейро – Сан-Паулу – Кампинас.

В Бразилии развит как морской, так и внутренний водный транспорт. Морской транспорт составляет основу внешней торговли с некоторыми странами Латинской Америки и с остальным миром. Среди портов есть как узкоспециализированные на одной товарной группе, так и порты, через которые проходят разные грузы. Порты Бразилии находятся как в государственном, так и в частном управлении. На частные узкоспециализированные терминалы приходится около 2/3 всего грузооборота портов страны. Крупнейшие из них специализируются на перевозках железной руды или нефти:

1. **Тубаран**. Находится в штате Эспириту-Санту. Грузооборот в 2012 г. составил 110,3 млн т. Порт специализируется на перевозках железной руды.

2. **Понта-да-Мадейра**. Расположен в штате Мараньян. Грузооборот равен 105,0 млн т. Как и Тубаран, порт специализируется на экспорте железной руды.

3. Терминал **Алмиранти-Баррозу**. Находится в штате Сан-Паулу. Грузооборот в 2012 г. составил 50,5 млн т. Специализируется на перевозках нефти.

4. Терминал **MBR на о. Гуаиба**. Расположен в штате Рио-де-Жанейро. Грузооборот – 39,9 млн т. Терминал работает с железной рудой.

5. Терминал **Алмиранти-Максимиану-Фонсека**. Находится в штате Рио-де-Жанейро. Грузооборот равен 37,0 млн т. Специализация – нефть.

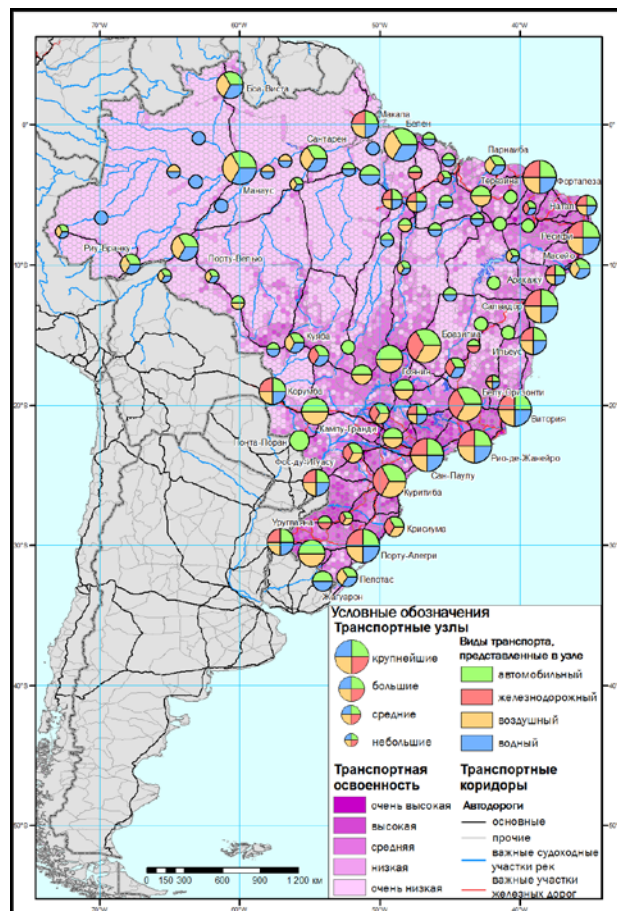


Рис. 9. Транспортная система Бразилии. Составлено автором
Крупнейшие бразильские порты в государственном управлении:

1. **Сантус**. Является аванпортом крупнейшего по численности населения города страны Сан-Паулу. Грузооборот в 2012 г. составил 90,8 млн т. Порт специализируется на перевозках контейнеров, сельскохозяйственной продукции (соевые бобы, зерновые, цитрусовые, спирты) и автомобилей.

2. **Итагуаи**. Расположен в штате Рио-де-Жанейро. Грузооборот составляет 57,1 млн т. Специализация порта – контейнеры, железная руда, бокситы.

3. **Паранагуа**. Находится в штате Парана. Грузооборот равен 40,4 млн т. Основные грузы, проходящие через порт – контейнеры, зерновые, соевые бобы, автомобили.

Бразилия имеет более 50 тыс км внутренних судоходных путей. Однако наиболее крупные реки находятся далеко от основных экономических центров страны, что ограничивает использование внутреннего водного транспорта. Наиболее крупные водные коридоры страны:

1. **Амазонка-Солимоини.** В 2012 г. грузоперевозки составили 47 150 млн т-км. Крупнейшие порты водного пути: Сантарен, Манаус. Основные грузы – бокситы, контейнеры, нефтепродукты, соевые бобы, железная руда.

2. **Мадейра.** Грузооборот за 2012 г. составил 5 428 млн т-км. Крупнейший порт – Порту-Велью. По водному пути преобладают перевозки соевых бобов, зерновых и нефтепродуктов.

3. **Токантинс-Арагуая.** Грузовые перевозки в 2012 г. составили 3 623 млн т-км. Крупнейшие порты – Белен, Баркарена. Основные грузы – бокситы, нефтепродукты, алюминий, каолин, сода.

4. **Парагвай.** В 2012 г. грузоперевозки составили 2 492 млн т-км. На водном пути функционируют крупные порты в Корумбе, Ладарио. Основной перевозимый груз – железная руда.

5. **Парана-Тиете.** Грузооборот равен 1 621 млн т-км. Крупнейшие порты водного пути – Гуаира, Сан-Симон и Педернейрас. Основные грузы – соевые бобы, зерновые, соевая мука и фрукты.

6. **оз. Патус – оз. Лагоа-Мирин** и соединяющие их водотоки. Связывают южную часть Бразилии и Уругвай. Грузооборот равен 1 285 млн т-км. Крупнейшие порты – Порту-Алегри, Риу-Гранди. В структуре перевозок преобладают удобрения, соевая мука, нефтепродукты и соевые бобы.

7. **Сан-Франсиску.** Грузооборот равняется 31 млн т-км. Крупнейшие порты – Иботирама, Петролина. В перевозках по водному пути преобладают масличные культуры.

Бразилия осуществляет регулярное воздушное сообщение почти со всеми странами Северной и Южной Америки, со многими европейскими странами и некоторыми странами Азии. Основные национальные перевозчики – TAM, Gol. В стране существует 698 аэропортов, однако более 60% всех пассажиров перевозится через четыре главных авиахаба:

1. **Сан-Паулу.** Включает аэропорты Гуарульюш (GRU) с пассажирооборотом 26,0 млн пасс. в 2012 г., Конгоньяс (CGH) – 14,2 млн пасс. и Виракопус-Кампинас (VCP) – 6,1 млн пасс.

2. **Рио-де-Жанейро.** Хаб состоит из двух аэропортов: Галеан (GIG) с пассажирооборотом 16,8 млн пасс. и Сантос-Дюмон (SDU) – 7,0 млн пасс.

3. **Бразилиа.** Единственный аэропорт города (BSB) имеет пассажирооборот 16,9 млн пасс. (2012 г.).

4. **Белу-Оризонти.** Включает два аэропорта – Танкеду-Невис (CNF), через который в 2012 г. перевезли 7,6 млн пасс., и Пампуля (PLU) – 0,7 млн пасс.

Трубопроводный транспорт Бразилии представлен сетью нефтепроводов общей протяженностью 4 831 км (основные линии – Дуки-ди-Кашиас – Бразилиа, Дук-ди-Кашиас – Бетин), газопроводами длиной 17 321 км (Санта-Крус-де-ла-Сьерра (Боливия) – Порту-Алегри – Парана (Аргентина), Сан-Паулу – Кампус), нефтепродуктопроводами длиной 4 722 км (Араукария – Лондрина, Араукария – Фос-ду-Игуасу). Существует проект строительства этанолопровода, соединяющего штаты Сан-Паулу и Гояс.

Во внешней торговле Бразилии со странами Южной Америки преобладают водный (53% стоимости экспорта, 54% импорта, 2012 г.) и автомобильный транспорт (34% экспорта, 33% импорта). Внешнеторговые связи с остальными странами осуществляются водным транспортом (91% экспорта, 72% импорта). Основными торговыми партнерами страны в Южной Америке являются Аргентина, Чили и Венесуэла. Между Бразилией и ее соседями 36 пограничных переходов: 6 с Уругваем, 14 с Аргентиной, 8 с Парагваем, 4 с Боливией, 1 с Перу, 1 с Колумбией, 1 с Венесуэлой, 1 с Гайаной.

2.2.2. Венесуэла

Венесуэла является четвертой по численности населения (29,4 млн чел., 2011 г.) и шестой по площади территории (912,1 тыс км²) страной в Латинской Америке. Доля транспорта в ВВП страны – самая низкая в регионе, она составляет 6,2%. Основным видом транспорта для пассажирских перевозок является автомобильный, для грузовых перевозок – автомобильный, водный и трубопроводный (рис. 10).

Наиболее освоенной в транспортном отношении является северная часть страны. На юге Венесуэлы дорожная сеть очень разрежена, а для большинства перевозок используется водный и воздушный транспорт [6].

Протяженность сети автомобильных дорог составляет 96 155 км (4-е место в регионе), треть из которых имеет твердое покрытие. Автомобильные дороги Венесуэлы делятся на две группы: основные и сельские. Основные дороги (12,5% всей протяженности) обеспечивают связь населенных пунктов с людностью выше 2,5 тыс чел. и характеризуются суточным потоком автомобилей не менее 100 автомобилей. Сельские дороги связывают менее крупные населенные пункты и служат, в основном, для перевозок сельскохозяйственной продукции. Дорожная сеть наиболее развита в северной части страны, где концентрируется большая часть населения и экономической деятельности. Автомобильный транспорт является основным для внутренних перевозок пассажиров и грузов, а также для торговли с Колумбией. Коэффициент Энгеля сети автодорог составляет 19.

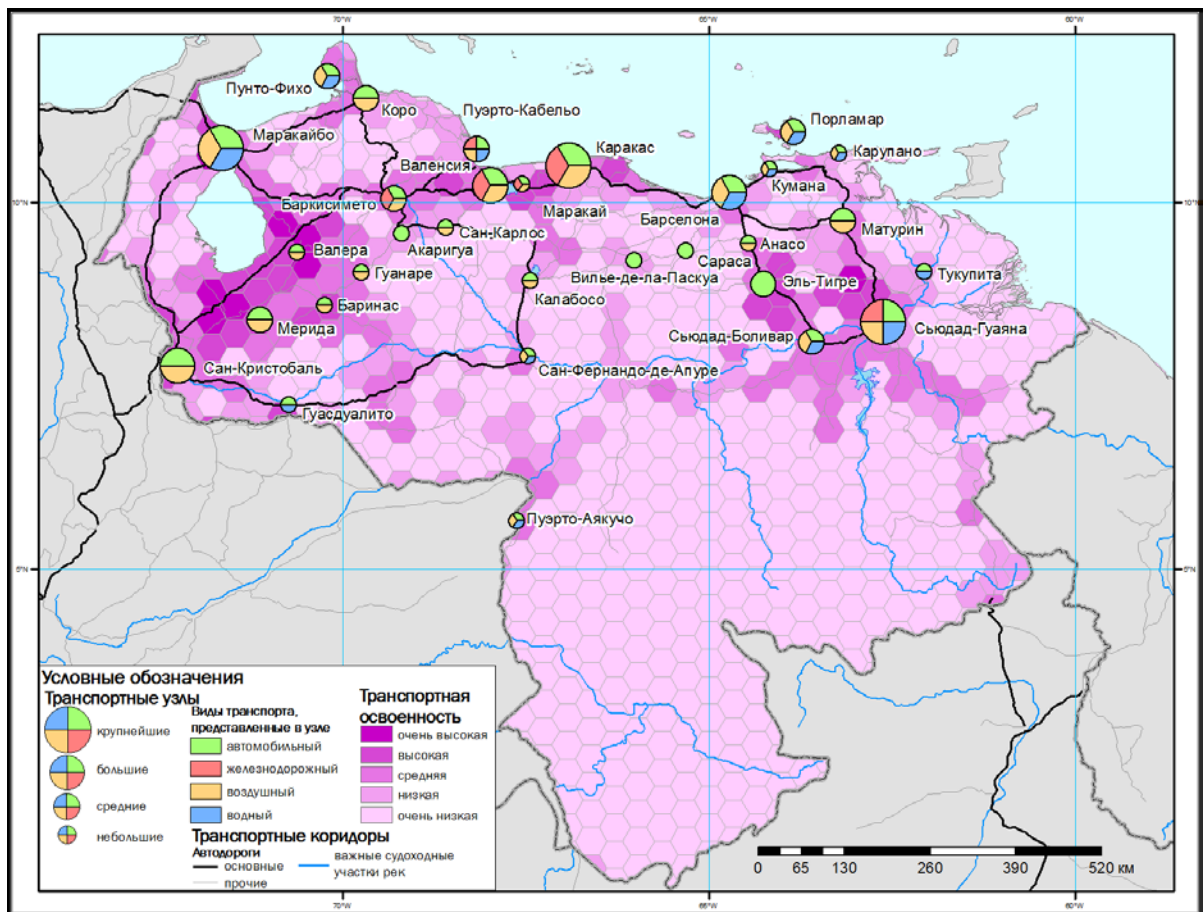


Рис. 10. Транспортная система Венесуэлы. Составлено автором

Как и в большинстве стран Южной Америки, роль железнодорожного транспорта в грузовых и пассажирских перевозках Венесуэлы снизилась. В 1990-е гг. эксплуатировались линия длиной 173 км (Баркисимето – Пуэрто-Кабельо) и несколько коротких линий, идущих из мест добычи железной руды и бокситов до мест их первичной переработки. Вместе с тем, в Венесуэле в 1996 г. был принят и активно реализуется до настоящего времени план развития железнодорожного транспорта. Согласно нему запланирован ввод в эксплуатацию более 13 600 км новых железных дорог. В настоящий момент сеть железных дорог страны насчитывает 806 км путей европейской стандартной колеи (1435 мм). Пассажирские перевозки осуществляются в окрестностях Каракаса и Валенсии.

Морской транспорт обеспечивает большую часть перевозок, связанных с внешнеторговой деятельностью страны. Крупнейшими портами страны являются Пуэрто-Кабельо (грузооборот 9,1 млн т в 2007 г.; через порт проходит около 80% всего товарного импорта Венесуэлы), Гуанта (0,9 млн т), Маракайбо (0,8 млн т), Ла-Гуайра (0,7 млн т). Протяженность судоходных путей Венесуэлы составляет 7 100 км. По рекам (Ориноко, Араука, Апуре) транспортируется минеральное сырье, добываемое во внутренних частях страны для последующего экспорта. Основным портом на р. Ориноко является Сьюдад-Гуаяна, доступный как для морских, так и для речных судов. Порт обслуживает грузы предприятий черной и

цветной металлургии города. По оз. Маракайбо перевозятся нефть и нефтепродукты, добываемые и получаемые в его окрестностях. По озеру способны ходить морские суда.

В Венесуэле существует более 200 аэропортов с твердым покрытием ВПП. Крупнейшие аэропорты страны:

1. **Маикетиа** (CCS). Обслуживает столицу страны город Каракас. Пассажирооборот в 2010 г. составил 9 млн пасс.

2. **Порламар** (PMV). Расположен на о. Маргарита, одном из основных курортных районов страны. Обслуживает как внутренние, так и международные рейсы, в т.ч. чартерные. В 2010 г. аэропортом воспользовалось 2 млн пасс.

3. **Ла-Чинита** (MAR). Является основным аэропортом для территории, примыкающей к северной части оз. Маракайбо. Пассажирооборот составляет 1,8 млн пасс.

Воздушный транспорт обеспечивает связь с населенными пунктами, расположенными во внутренних частях страны и не связанными с основным ареалом расселения автомобильными дорогами.

Венесуэла обладает одной из самых развитых в регионе систем трубопроводного транспорта. Нефтепроводы (8 569 км) и нефтепродуктопроводы (1 778 км) связывают нефтедобывающие центры и нефтеперерабатывающие заводы с портами, через которые экспортируются нефть и нефтепродукты. Газопроводы (5 941 км) соединяют центральную и восточную часть Льянос с городами севера и востока страны.

Во внешней торговле Венесуэлы со странами Южной Америки преобладают водный (56% стоимости экспорта, 87% импорта, 2012 г.) и автомобильный транспорт (35% экспорта, 12% импорта). Внешнеторговые связи с остальными странами осуществляются водным транспортом (95% экспорта, 98% импорта). Основные торговые партнеры в регионе: Бразилия, Колумбия и Чили. Между Венесуэлой и ее соседями 16 пограничных переходов: 15 с Колумбией, 1 с Бразилией.

2.2.3. Чили

Площадь территории Чили насчитывает 756,1 тыс км², а численность населения – 17,2 млн чел. (2011 г.). У Чили один из самых низких в Южной Америке показателей доли транспорта в ВВП – 6,6% (чуть больше Венесуэлы и наравне с Суринамом). В структуре пассажирских перевозок Чили преобладают автомобильный и воздушный транспорт, грузовых перевозок – автомобильный и морской (рис. 7).

Чили, в отличие от остальных южноамериканских стран, имеет вытянутую конфигурацию территории, что сказывается на особенностях развития транспортной системы. Большая часть внутристрановых транспортных потоков имеет субмеридиональное направление: по автомобильным дорогам, проходящим параллельно побережью и Андским

Кордильерам, либо каботажем вдоль побережья страны. Чили по уровню развития транспортной инфраструктуры занимает первое место в Южной Америке [6].

Наиболее высокая транспортная доступность характерна для узкой прибрежной полосы, достигая максимальных значений в центральной части Чили. Южнее город Пуэрто-Монт и о. Чилоэ транспортная освоенность низка.

Протяженность автомобильных дорог Чили составляет 80 505 км, из которых 21% имеют твердое покрытие. Основной транспортной магистралью страны является Ruta 5 (Панамериканское шоссе). Она протягивается на 3 364 км от границы с Перу до о. Чилоэ. Транспортная освоенность южной части страны низка, многие автомобильные дороги связаны не с основной сетью автодорог страны, а с сетью автодорог Аргентины. Коэффициент Энгеля для сети автомобильных дорог Чили равняется 22.

Протяженность железных дорог Чили составляет 7 082 км (3 435 км широкой колеи 1676 мм и 3647 км узкой колеи 1000 мм). Железнодорожный транспорт выполняет вспомогательную роль в системе грузовых и пассажирских перевозок, поскольку сеть его линий создавалась для доставки сырья и продукции от мест добычи и переработки в морские порты. В северной части страны он используется исключительно для грузовых перевозок, а в центральной и южной части в ограниченных объемах им осуществляются пассажирские перевозки. Железные дороги Чили связаны с железнодорожными сетями других стран в пяти точках (1 с Перу, 2 с Боливией и 2 с Аргентиной). Однако в настоящее время функционирует только пограничный железнодорожный переход Ольягуэ на линии Антофагаста – Боливия, по которой перевозятся значительные объемы внешнеторговых грузов Боливии.

В отличие от большинства стран Южной Америки, объемы внутрирегиональной торговли Чили значительно ниже, чем торговые потоки Чили и стран, находящихся за пределами Южной Америки. В связи с этим для Чили крайне важен морской транспорт. В стране действуют 45 морских портов разных размеров грузооборота. Крупнейшие порты страны:

1. **Сан-Антонио**. Расположен в центральной части страны, в пятом регионе (Вальпараисо). Грузооборот в 2007 г. составил 12,6 млн т. Основные перевозимые грузы – контейнеры, сельскохозяйственная продукция, нефтепродукты.

2. **Вальпараисо**. Долгое время являлся крупнейшим портом Чили. Как и Сан-Антонио, он расположен в пятом регионе. Грузооборот равен 8,9 млн т. Основу грузоперевозок составляют контейнеры и сельскохозяйственная продукция.

3. **Пуэрто-Лиркен**. Расположен вблизи города Консепсьон в восьмом регионе (Биобио). В 2007 г. через порт перевезено 5 млн т грузов. Основные из них – сельскохозяйственная продукция, контейнеры и рыба.

4. **Сан-Висенте**. Порт находится в городской агломерации Консепсьон-Талькауано в восьмом регионе. Грузооборот равен 3,2 млн т. Специализация порта – древесина и рыба.

5. **Антофагаста**. Находится на севере страны во втором регионе (Антофагаста). Грузооборот в 2007 г. составил 2,7 млн т. Основные грузы, перевозимые через порт – медь, свинцово-цинковые концентраты.

Внутренний водный транспорт в Чили не развит ввиду почти полного отсутствия пригодных для судоходства рек. Только на юге страны на реках Вальдивия, Кау-Кау и Крусес организованы грузовые и пассажирские перевозки. В окрестностях Осорно и Пуэрто-Монта осуществляется судоходство по озерам.

В Чили 90 аэропортов имеют ВПП с твердым покрытием. Воздушный транспорт занимает ведущее место по объему пассажирских перевозок на средние и дальние расстояния. Основные аэропорты страны:

1. **Артуро-Мерито-Бенитес** (SCL). Обслуживает столичную агломерацию и центральную часть Чили. Является главным авиахабом страны. Через него осуществляются почти все внутренние и международные воздушные перевозки страны. Пассажирооборот в 2010 г. составил 10,3 млн пасс.

2. **Серро-Морено** (ANF). Находится вблизи от города Антофагаста на севере страны. Пассажирооборот равен 1,2 млн пасс.

3. **Диего-Арасена** (IQQ). Расположен в 45 км к югу от города Икике. В 2007 г. через него перевезено 0,8 млн пасс.

4. **Эль-Тепуаль** (PMC). Находится вблизи города Пуэрто-Монт. Пассажирооборот в 2007 г. составил 0,8 млн пасс.

5. **Карриэль-Сур** (CCP). Обслуживает городскую агломерацию Консепсьон-Талькауано. Пассажирооборот равен 0,7 млн пасс.

6. **Эль-Лоа** (CJC). Находится в 6 км к югу от города Калама. Пассажирооборот в 2007 г. составил 0,6 млн пасс.

Большинство нефтепроводов (общая протяженность 985 км) и газопроводов (3 160 км) являются трансграничными и перекачивают в Чили для переработки, потребления и экспорта нефть и природный газ, добытые в соседних странах: Аргентине и Боливии. В стране функционирует нефтепродуктопровод, соединяющий район Консепсьона-Талькауано со столичным районом.

Во внешней торговле Чили со странами Южной Америки преобладают морской (74% стоимости экспорта, 48% импорта, 2012 г.) и автомобильный транспорт (23% экспорта, 44% импорта). Внешнеторговые связи с остальными странами осуществляются морским транспортом (96% экспорта, 78% импорта). Важнейшие внутрирегиональные торговые

партнеры: Бразилия, Аргентина, Перу. Между Чили и ее соседями действует 53 сухопутных пограничных перехода: 43 с Аргентиной, 7 с Боливией, 3 с Перу.

2.3. Страны с сильными территориальными диспропорциями развития транспортной сети и наибольшей ее плотностью в горных районах

2.3.1. Колумбия

Колумбия является второй по численности населения (46,9 млн чел., 2011 г.) и третьей по площади (1 142 тыс км²) страной Южной Америки. Доля транспорта в ВВП страны равняется 6,8%. Автомобильный транспорт преобладает как в пассажирских, так и грузовых перевозках [6]. Важное значение имеют воздушный транспорт (пассажиры) и водный транспорт (грузы) (рис. 11).

Транспортная система Колумбии полностью соответствует экономически освоенной территории страны и занимает около 2/5 общей площади. Колумбия имеет транзитное положение между двумя континентами и двумя океанами, однако его почти не использует: сухопутное сообщение между Колумбией и Панамой отсутствует (так называемый Дарьенский «пробел» на Панамериканском шоссе), а тихоокеанское побережье страны освоено в транспортном отношении крайне слабо. Сеть автодорог отсутствует в юго-восточной части страны, в связи с чем ее транспортные связи осуществляются водным и воздушным транспортом.

Протяженность сети автомобильных дорог страны – 164 257 км (3-е место в регионе), 17% которых имеют твердое покрытие. В связи с расчлененным горным рельефом основного ареала расселения Колумбии и наличием значительных рисков, связанных с деятельностью антиправительственных повстанческих группировок, при осуществлении грузовых и пассажирских перевозок по суше, развитие автомобильного транспорта в стране ограничено. Несмотря на это, автомобильный транспорт доминирует во внутренних перевозках, а также в трансграничных перевозках с Венесуэлой. Индекс Ангеля для сети автодорог Колумбии равен 22.

Протяженность сети железных дорог страны составляет 3 454 км, из которых эксплуатируется лишь 874 км (150 км европейской стандартной колеи 1435 мм, 498 км узкой колеи 950 мм, 226 км узкой колеи 914 мм). Железнодорожный транспорт Колумбии отличается узкой специализацией: 98,5% объема перевозимых грузов составляет уголь. Сеть железных дорог страны состоит из двух несвязанных частей: 1) континентальной, соединяющей крупные города страны (Богота, Медельин и др.) и побережье Карибского моря, и 2) изолированной ветви на полуострове Гуахира, по которой перевозится уголь с месторождения Серрехон в порт Пуэрто-Боливар.

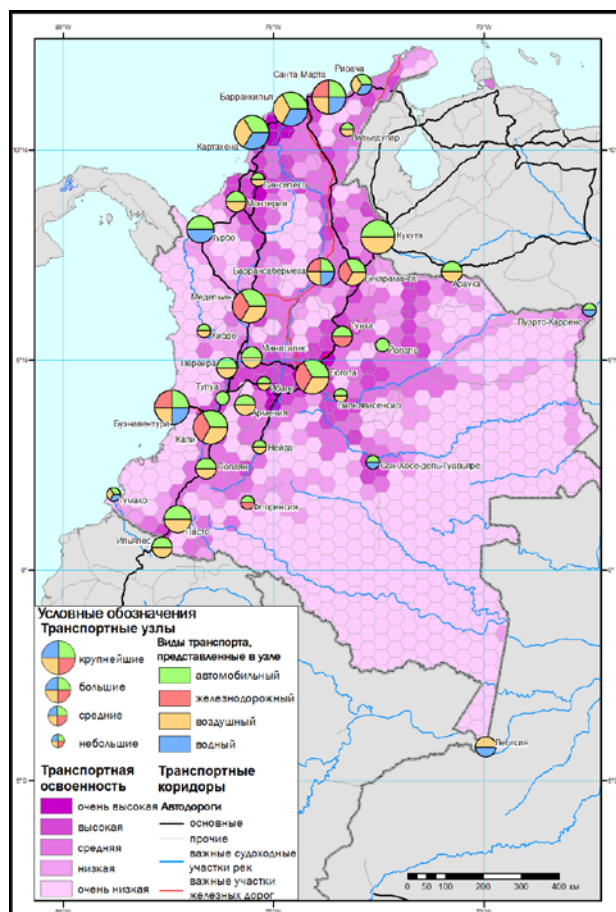


Рис. 11. Транспортная система Колумбии. Составлено автором

Морской транспорт преобладает во внешнеторговых связях страны. На Карибском побережье есть несколько крупных портовых комплексов, через которые проходит значительная часть грузов: Картахена (грузооборот в 2011 г. – 12 млн т; основные грузы – контейнеры, уголь), Санта-Марта (6,9 млн т, уголь; единственный порт Карибского побережья, связанный железными дорогами с центральной частью страны), Барранкилья (4,2 млн т; контейнеры, уголь). Особенностью этих портов является преобладание экспорта над импортом, в отличие от портов тихоокеанского побережья, крупнейшим из которых является Буэнавентура (10 млн т; контейнеры, генеральные грузы; это основной порт экспорта колумбийского кофе).

Протяженность сети судоходных путей составляет 18 255 км. Внутренний водный транспорт обеспечивает связь с отдаленными районами страны, изолированными от основной сети автодорог. Водные артерии страны относятся к рекам четырех бассейнов:

1. **Магдалена** (реки Магдалена, Каука, Сину). Основные грузы – мазут, сырая нефть, продукция машиностроения; значительны пассажирские перевозки.

2. **Аtrato** (реки Аtrato, Леон, Сан-Хуан). По бассейну перевозится сельскохозяйственная продукция и древесина. В 1960-70-е гг. предлагался проект сооружения морского канала через р.Аtrato для соединения портов Карибского и Тихоокеанского побережий (как конкурент Панамскому каналу).

3. **Ориноко** (реки Мета, Гуавиаре, Араука, Инирида). Основные грузы – продовольствие и напитки, полезные ископаемые, цемент.

4. **Амазонка** (реки Путумайо, Амазонка, Кагуан). Основная часть перевозок приходится на нефтепродукты, древесину и цемент.

Доля воздушного транспорта в структуре перевозок увеличивается за счет нескольких факторов: сложного рельефа территории, опасности перевозок по земле (из-за партизанского движения) и наличия отдаленных районов, в которые можно попасть только по воздуху. В стране действует 121 аэропорт с твердым покрытием ВПП, в т.ч. 13 международных. Через четыре крупнейших аэропорта проходит около 90% всего пассажиропотока и почти весь грузопоток на воздушном транспорте. Среди них:

1. **Эль-Дорадо** (BOG). Обслуживает Боготу. Пассажирооборот в 2011 г. составил 14,0 млн пасс. Аэропорт является крупнейшим в Южной Америке по грузообороту.

2. **Хосе Мария Кордова (Рио-Негро)** (MDE). Находится вблизи города Медельин. Пассажирооборот равен 3,3 млн пасс.

3. **Кали** (CLO). В 2011 г. через аэропорт перевезено 3,0 млн пасс.

4. **Картахена** (CTG). Пассажирооборот равен 1,9 млн пасс.

Наиболее загруженными внутренними пассажирскими авианаправлениями являются Богота – Медельин (1,7 млн пасс.), Богота – Кали (1,6 млн чел.), Богота – Картахена (1,1 млн чел.), Богота – Барранкилья (1,0 млн чел.). Воздушный транспорт используется также для экспорта цветов, выращенных в Колумбии.

Трубопроводный транспорт в Колумбии представлен нефтепроводами (6 796 км), газопроводами (4 991 км) и нефтепродуктопроводами (3 429 км). Нефтепроводы доставляют нефть на НПЗ и в порты для дальнейшего экспорта, газопроводы транспортируют газ, прежде всего, для внутреннего потребления.

Во внешнеторговой деятельности Колумбии с другими странами Южной Америки преобладают морской (56% стоимости экспорта, 74% импорта, 2012 г.), автомобильный (32% экспорта, 13% импорта) и воздушный транспорт (12% экспорта, 17% импорта). В торговле с остальными странами доминируют морской (58% экспорта, 65% импорта) и воздушный транспорт (40% экспорта, 30% импорта). Основные торговые партнеры Колумбии внутри региона: Бразилия, Венесуэла и Эквадор. Существует 19 пересечений границ Колумбии и ее соседей: 15 с Венесуэлой, 1 с Бразилией, 3 с Эквадором.

2.3.2. Перу

Перу занимает третье место в Южной Америке по площади территории (1 285,2 тыс км²) и пятое место по численности населения (29,4 млн чел., 2011 г.). Доля транспорта в ВВП страны

высока и составляет 9,5%. Автомобильный транспорт преобладает как в перевозках грузов, так и пассажиров (рис. 12). Водный транспорт используется для внешних грузоперевозок [6].

Наибольшая транспортная освоенность характерна для центральной горной и прибрежной частей страны. Сеть автодорог на севере и востоке разрежена, в связи с чем там преобладают водный и воздушный транспорт.

Протяженность сети автомобильных дорог Перу равна 78 829 км, 14,4% которых имеют твердое покрытие. Сеть автомобильных дорог страны обладает субмеридиональной структурой: три основные магистрали проходят параллельно горным хребтам Анд – вдоль побережья, между Андскими Кордильерами и в амазонской сельве. Их соединяют более короткие субширотные участки. Автодороги северо-востока страны являются тупиковыми: они заканчиваются в речных портах Амазонии и не соединены с основной сетью. Коэффициент Энгеля для сети автомобильных дорог страны является самым низким в Южной Америке и равняется 13.

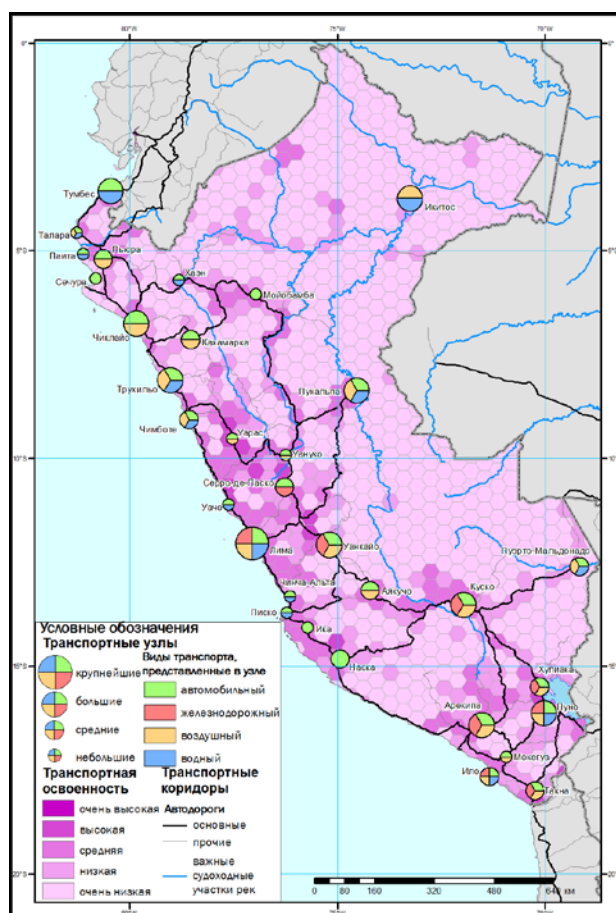


Рис. 12. Транспортная система Перу. Составлено автором

Железнодорожная сеть Перу включает 1 907 км (1 772 км европейской стандартной колеи 1435 мм, 135 км узкой колеи 914 мм). Она состоит из нескольких несвязанных друг с другом частей. Крупнейшие из них: Ferrocarril Central Andino (Лима/Кальяо – Ла-Ороя – Уанкайо – Уанкавелика), Ferrocarriles del Sur del Perú (Матарани – Куско – Кильябамба), Ило – Токепала (перевозка медного концентрата). Железные дороги используются для

транспортировки полезных ископаемых и сельскохозяйственной продукции. Существует значительный пассажирский поток (в основном, туристический) между Куско и Мачу-Пикчу.

Морской транспорт обеспечивает внешнеторговые потоки страны. Крупнейшие порты Перу:

1. **Кальяо**. Находится в городской агломерации Лимы. Грузооборот в 2012 г. равен 29,7 млн т, что составляет 76% грузооборота всех портов страны. Через порт перевозится около 90% всех контейнеров в Перу. Он также специализируется на погрузке цинка и зерновых.

2. **Матарани**. Расположен в южной части страны. Грузооборот в 2012 г. составил 3,0 млн т. Основные грузы – зерновые, серная кислота.

3. **Салаверри**. В 2012 г. через порт перевезено 2,5 млн т грузов, основные из них – мочевины, соевые бобы.

4. **Паита**. Находится на севере Перу. Грузооборот равен 1,5 млн т. Основные перевозимые грузы – рыба и морепродукты.

5. **Сан-Мартин** (1,5 млн т; поваренная соль, сталь).

Протяженность сети судоходных путей Перу равна 8 808 км. Грузоперевозки осуществляются через 4 речных порта и 1 порт на озере Титикака:

1. **Пуэрто-Мальдонадо**. Находится на реке Мадре-де-Дьос. Грузооборот в 2009 г. составил 0,2 млн т.

2. **Икитос**. Расположен на Амазонке. Порт является важным звеном во внешнеторговой деятельности Бразилии и Перу. Его грузооборот равен 0,2 млн т.

3. **Юримагуас**. Находится на реке Уальяга. Грузооборот составляет 0,2 млн т.

4. **Пукальпа**. Расположен на реке Укаяли.

5. **Пуно**. Выходит на берег оз. Титикака.

По бассейну Амазонки (в основном, из порта Икитоса) осуществляется торговля с Бразилией.

В Перу 59 аэропортов с твердым покрытием ВПП. Однако через шесть крупнейших аэропортов проходит около 80% пассажирооборота и 90% грузооборота. Среди них:

1. **Хорхе-Чавес** (LIM). Обслуживает столичную агломерацию Лима-Кальяо. Пассажирооборот в 2010 г. составил 7,5 млн пасс.

2. **Куско** (CUZ). Является основным аэропортом для центральной горной части страны. Пассажирооборот равен 1,1 млн пасс.

3. **Арекипа** (AQP). Пассажирооборот в 2012 г. составил 0,7 млн пасс.

4. **Икитос** (IQT). Основной аэропорт амазонской части Перу. В 2012 г. через него перевезено 0,5 млн пасс.

5. *Тарапото* (TRP). Пассажирооборот – 0,2 млн пасс. в 2012 г.

6. *Пукальяна* (PCL). Количество перевезенных в 2012 г. пассажиров – 0,2 млн пасс.

Трубопроводный транспорт Перу развит слабо. Он обеспечивает транспортировку нефти (протяженность нефтепроводов 1 819 км) и природного газа (протяженность газопроводов 1 526 км) от месторождений до портов и районов потребления.

Во внешнеторговой деятельности Перу с другими странами Южной Америки преобладают морской (73% стоимости экспорта, 80% импорта, 2012 г.) и автомобильный (15% экспорта, 12% импорта) виды транспорта. В торговле с остальными странами доминируют морской (67% экспорта, 81% импорта) и воздушный транспорт (33% экспорта, 18% импорта). Главными торговыми партнерами страны в Южной Америке являются Бразилия, Чили и Эквадор. Существует 18 пересечений границ Перу и ее соседей: 5 с Эквадором, 1 с Бразилией, 9 с Боливией, 3 с Чили.

2.3.3. Эквадор

Площадь территории Эквадора составляет 256,4 тыс км², а численность его населения – 14,7 млн чел (2011 г.). Доля транспорта в ВВП страны высока – 10,5%. Основным видом транспорта является автомобильный (рис. 13). Водным транспортом перевозятся экспортируемые и импортируемые грузы [6].

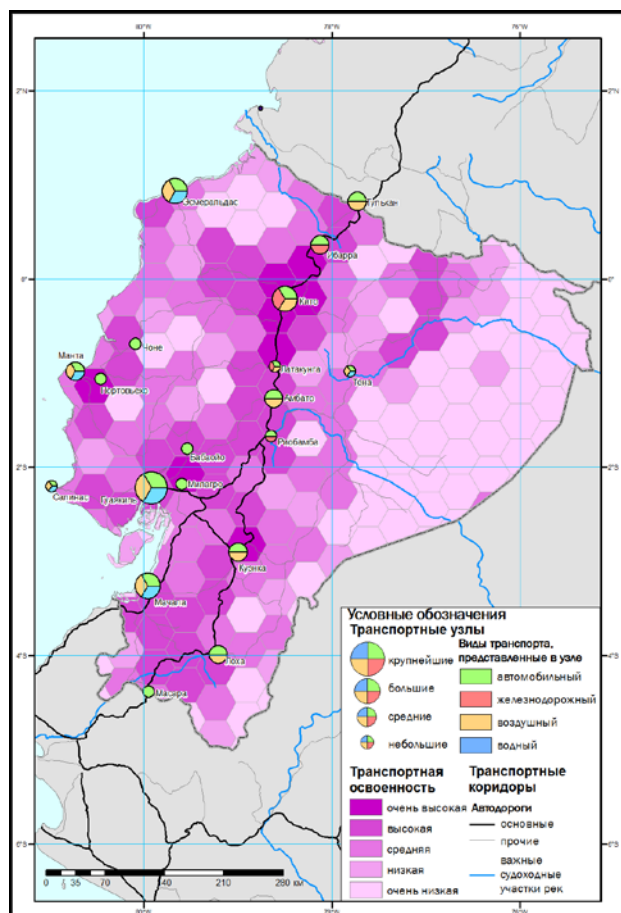


Рис. 13. Транспортная система Эквадора. Составлено автором

Транспортная освоенность территории Эквадора неравномерна: наиболее высока она в центральной (Альтипано) и прибрежной его частях, а в восточной части – низка.

Протяженность автомобильных дорог страны составляет 43 197 км, 15% которых имеют твердое покрытие. Основу автомобильной сети страны составляют четыре параллельных субмеридиональных автодороги, связанные несколькими субширотными. 47% протяженности всех автодорог страны находятся в зоне Анд, 41% - в прибрежной зоне, 12% - в амазонской сельве. Коэффициент Энгеля для сети автодорог Эквадора равняется 22.

Железные дороги Эквадора имеют протяженность 965 км (узкая колея – 1067 мм), три четверти которых проходит в горной зоне Анд. В настоящее время в эксплуатации находятся 392 км железных дорог. С начала 1990-х годов происходит постоянное снижение объемов грузовых и пассажирских перевозок. Некоторые участки используются для перевозки туристов.

Морской транспорт доминирует во внешнеторговых связях Эквадора как внутри региона, так и за его пределами. Крупнейшие порты страны:

1. **Терминал Балао.** Расположен в северной части Эквадора, недалеко от города Эсмеральдас. Его специализация – экспорт нефти. Грузооборот в 2010 г. составил около 22 млн т.

2. **Гуаякиль.** Грузооборот равен 6,5 млн т. Основные грузы – бананы, контейнеры, кофе и морепродукты.

3. **Пуэрто-Боливар.** Находится вблизи города Мачала. Грузооборот в 2010 г. составил 1,5 млн т. Специализация порта – бананы.

4. **Эсмеральдас.** Находится на севере Эквадора. Грузооборот составляет около 0,8 млн т. Основные грузы – древесина, металлы.

5. **Манта.** Порт расположен в центральной части тихоокеанского побережья Эквадора. Грузооборот равен 0,7 млн т. Порт отличается высоким разнообразием перевозимых грузов: рыба и морепродукты, бананы, кофе, какао и др.

Длина сети судоходных путей – 1500 км. Внутренний водный транспорт имеет большое значение для восточной части страны. Часто он является единственным способом передвижения между населенными пунктами, расположенными в эквадорской Амазонии.

В Эквадоре существует 104 аэропорта с ВПП с твердым покрытием. Крупнейшие аэропорты страны:

1. **Марискаль-Сукре (UIO).** Аэропорт обслуживает город Кито. Пассажирооборот в 2010 г. составил около 5 млн чел.

2. **Хосе-Хоакин-Ольмедо (GYE).** Является основным аэропортом города Гуаякиль. Пассажирооборот равен 3,5 млн чел.

3. *Марискаль-Ламар* (CUE). Находится в границах города Куэнка. Через него в 2010 г. перевезено 0,5 млн пасс.

Популярным туристическим маршрутом является Гуаякиль – Галапагосские острова.

В Эквадоре эксплуатируются 2 658 км нефтепроводов в одностороннем исчислении, связывающих месторождения нефти Амазонского бассейна с НПЗ и портами экспорта (в т.ч. Балао). НПЗ с районами потребления нефтепродуктов связывают 1 526 км нефтепродуктопроводов.

Во внешней торговле Эквадора со странами Южной Америки преобладают морской (57% стоимости экспорта, 61% импорта, 2012 г.) и автомобильный транспорт (30% экспорта, 26% импорта). Внешнеторговые связи с остальными странами осуществляются водным (84% экспорта, 82% импорта) и воздушным транспортом (14% экспорта, 13% импорта). Ведущими южноамериканскими торговыми партнерами являются Колумбия, Перу и Чили. Между Эквадором и ее соседями 8 сухопутных пограничных переходов: 3 с Колумбией, 5 с Перу.

2.4.Страны, не имеющие выхода к морю

2.4.1. Боливия

Боливия является одной из двух южноамериканских стран, не имеющих выхода к морю, что сказывается на особенностях ее транспортной системы. По размеру площади она занимает 5-е место в регионе (1098,6 тыс км²), а по населению – только 8-е (10,1 млн чел., 2011 г.). Доля транспорта в ВВП страны выше среднего по региону и составляет 10,3%. Автомобильный транспорт является основным в перевозках грузов и пассажиров (рис. 14). Водный и трубопроводный транспорт имеют большое значение для внешнеторговой деятельности страны [6].

Наибольшая транспортная освоенность характерна для центральных и юго-западных частей Боливии, где сосредоточена большая часть автодорожной сети страны. На севере и востоке Боливии важное значение для перевозок имеет водный транспорт.

По длине сети автомобильных дорог (62 479 км) Боливия опережает в Южной Америке только Суринам, Гайану, Парагвай и Эквадор. Всего 7% из них имеют твердое покрытие. Наибольшая концентрация транспортных путей совпадает с основными ареалами расселения и характерна для запада и юго-запада страны (Альтиплано и восточные склоны Анд). В свою очередь, обширные территории страны (преимущественно, на севере и на востоке) имеют низкий уровень транспортной освоенности. Коэффициент Энгеля для сети автомобильных дорог Боливии равняется 19. По автомобильным дорогам перевозится большая часть пассажиров и грузов.

Общая протяженность железных дорог Боливии составляет 3 652 км (узкая колея – 1000 мм). В стране работают две несвязанные железнодорожные сети: Андская и Восточная.

Андская сеть построена во второй половине XIX в. для перевозок полезных ископаемых, добываемых на юго-западе страны. Она связана с железнодорожными сетями Перу (паром через оз. Титикака), Чили (линия Боливия – Антофагаста) и Аргентины и имеет выход к морским экспортным портам. Восточная сеть, построенная в середине XX в., связывает город Санта-Крус-де-ла-Сьерра с железнодорожной сетью Бразилии и Аргентины. В конце XX в. в связи с резким увеличением объемов перевозок сельскохозяйственной продукции (преимущественно соевых бобов) по Восточной сети, она впервые обошла Андскую сеть по объему перевозок. По железным дорогам осуществляются междугородние пассажирские перевозки, однако их объем существенно ниже перевозок автобусами.

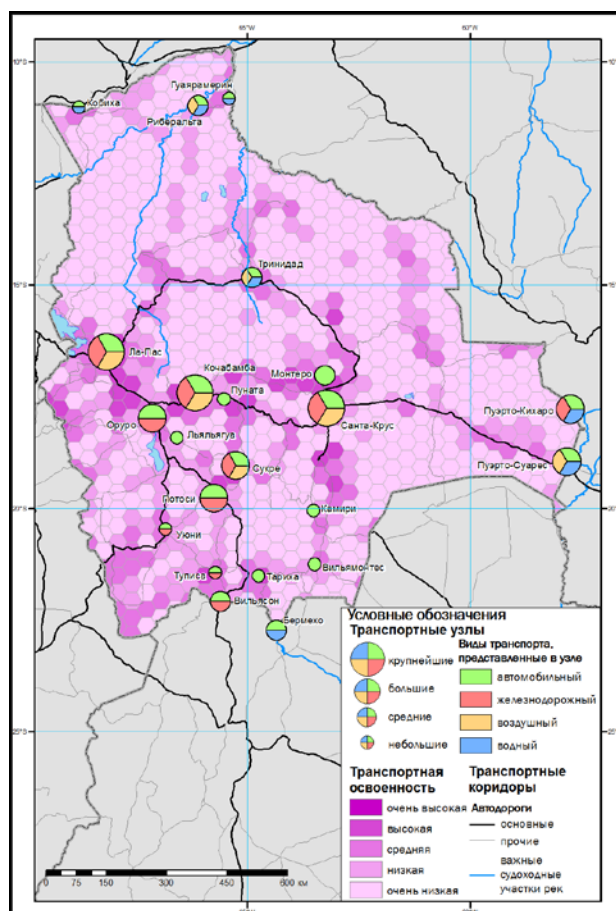


Рис. 14. Транспортная система Боливии. Составлено автором

Длина судоходных путей Боливии составляет около 14 000 км. Водный транспорт является важным для перевозок грузов в северной и восточной частях Боливии. По рекам Амазонского бассейна транспортируются преимущественно древесина, строительные материалы и продукты, необходимые в труднодоступных населенных пунктах северной части страны.

Основные порты Амазонского бассейна: Пуэрто-Вильяроэль (р. Ичило, 80 тыс т, 2009 г.), Гуаярамерин (р. Маморе, 71 тыс т). Бассейн р. Парагвай важен для внешнеторговой деятельности Боливии, по нему перевозятся грузы в порты на побережье Атлантического океана. По бассейну р. Парагвай перевозится сельскохозяйственная продукция (соевые бобы,

тростниковый сахар). Основной порт – Пуэрто-Кихарро (канал Таменго, терминалы «Граветал», «Сентраль-Агирре», 800 тыс т). Существует проект строительства крупного порта Пуэрто-Бусч на юге страны, который позволит перевозить грузы по р. Парагвай, минуя ее участок, проходящий по территории Бразилии. Через оз. Титикака курсирует железнодорожный паром, обеспечивающий связь Боливии и Перу. Также по озеру осуществляются трансграничные пассажирские перевозки.

Боливия заключила несколько договоров с соседними странами об особом режиме использования их морских портов и бассейна рек Парана-Парагвай. Основными портами для внешнеторговой деятельности Боливии являются порты Чили – Арика (56% грузов) и Антофагаста (22%). Также используются порты Мехильонес (Чили); Ило, Матарани, Мольендо (все – в Перу); Сантос (Бразилия); Буэнос-Айрес (Аргентина); Нуэва-Пальмира (Уругвай).

Авиационный транспорт в Боливии развит слабо. В стране 13 аэропортов, только три из которых являются международными:

1. **Виру-Виру** (VVI). Аэропорт города Санта-Крус-де-ла-Сьерра. Пассажирооборот в 2012 г. составил всего 0,8 млн чел.
2. **Эль-Альто** (LPB). Обслуживает столичную агломерацию Ла-Пас - Эль-Альто. Как и у аэропорта города Санта-Крус-де-ла-Сьерра, пассажирооборот составляет 0,8 млн чел.
3. **Хорхе Вильстерманн** (CBV). Аэропорт города Кочабамба. Пассажирооборот равен 0,6 млн чел.

Боливия обладает крупными запасами нефти и природного газа, в связи с чем в стране получил широкое развитие трубопроводный транспорт, имеющий экспортную направленность. Протяженность сети газопроводов составляет 5 457 км. Основное направление перекачки природного газа – из района Санта-Крус-де-ла-Сьерра в Бразилию (терминал в Порту-Алегри) и Аргентину (терминал в Буэнос-Айресе). Длина нефтепроводов страны – 2 511 км. Основное экспортное направление – из района Кочабамбы в порт Арика (Чили) и Кампо-Дуран (Аргентина). Нефтепродуктопроводы имеют длину 1 627 км. Они соединяют район Санта-Круса и порт Росарио (Аргентина).

Во внешней торговле Боливии со странами Южной Америки преобладают автомобильный транспорт (71% стоимости экспорта, 90% импорта, 2012 г.). Водный транспорт имеет большое значение для экспорта (20%). Внешнеторговые связи с остальными странами осуществляются через порты Чили, Перу, Аргентины и Бразилии, связанные с территорией Боливии преимущественно автомобильным (39% экспорта, 46% импорта) и железнодорожным транспортом (46% экспорта – железная дорога Боливия – Антофагаста). Основные торговые партнеры страны в регионе – Бразилия, Аргентина и Перу. На воздушный транспорт приходится значительная доля стоимости ввозимой (54%) и вывозимой (15%) продукции.

Между Боливией и ее соседями 22 сухопутных пограничных перехода: 7 с Чили, 9 с Перу, 2 с Парагваем и 4 с Бразилией.

2.4.2. Парагвай

Площадь территории Парагвая составляет 406,8 тыс км², а численность его населения – 6,7 млн чел (2011 г.). Доля транспорта в ВВП – 7,6%. Большая часть пассажирских перевозок осуществляется на автомобильном транспорте (рис. 15). Наряду с водным транспортом, он также используется для перевозок грузов [6].

Парагвай, как и Боливия, не имеет выхода к морю, что сказывается на особенностях пространственной организации и структуре транспорта страны. Существуют значительные диспропорции в транспортной освоенности территории: на юго-востоке она намного выше, чем на северо-западе.

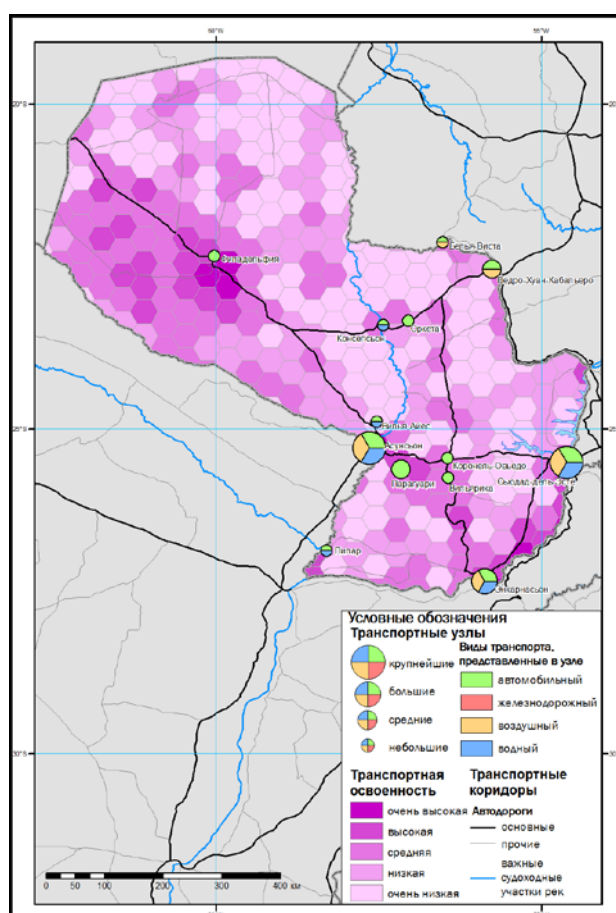


Рис. 15. Транспортная система Парагвая. Составлено автором

Протяженность автомобильных дорог страны составляет 29 500 км, около 13% которых имеют твердое покрытие.

Большая часть автодорог построена в течение последних 30 лет: в 1980 г. их протяженность составляла всего 12 152 км. В связи с особенностями климата (частые осадки) и почв, многие автомобильные дороги без твердого покрытия на протяжении длительных периодов становятся полностью непроходимыми. Коэффициент Энгеля для сети автодорог страны равен 18.

Железные дороги Парагвая в середине XX века достигали протяженности 450 км. В настоящее время в эксплуатации находится только один участок длиной 6 км (ширина колеи – 1435 мм), связывающий город Энкарнасьон и границу с Аргентиной. Средний возраст подвижного железнодорожного состава превышает 80 лет.

Внутренний водный транспорт имеет важнейшее значение для Парагвая. Протяженность сети судоходных путей составляет 3 100 км. Основные реки – Парана и Парагвай. Водным транспортом перевозится основной экспортный товар Парагвая – соевые бобы. Крупнейшие порты:

1. **Сьюдад-дель-Эсте**. Расположен на реке Парана, в районе тройной границы Парагвай – Бразилия – Аргентина. Грузооборот порта в 2008 г. составил около 2 млн т.
2. **Энкарнасьон**. Также находится на реке Парана на границе с Аргентиной. Грузооборот равен 1 млн т.
3. **Вильета**. Выходит на реку Парагвай. Объем перевезенных грузов за 2008 г. – 0,7 млн т.
4. **Асунсьон**. Расположен на берегу реки Парагвай на границе с Аргентиной. Грузооборот равен 0,4 млн т.
5. **Консепсьон**. Находится на берегу реки Парагвай в центральной части страны.

Парагвай эксплуатирует терминалы в крупных морских портовых комплексах других южноамериканских стран: Аргентины (Буэнос-Айрес, Росарио), Бразилии (Паранагуа, Сантус, Риу-Гранди) и Уругвая (Нуэва-Пальмира).

В Парагвае существует только 15 аэропортов с ВПП с твердым покрытием. Четыре из них являются международными:

1. **Сильвио-Петтиросси** (ASU). Аэропорт обслуживает столичную агломерацию и является крупнейшим в стране по пассажирообороту – 0,6 млн чел. (2008 г.).
2. **Гуарани** (AGT). Аэропорт находится недалеко от города Сьюдад-дель-Эсте и является крупнейшим в стране по грузообороту, уступая аэропорту Асунсьона по пассажирообороту (0,3 млн чел.)
3. **Марискаль-Эстигаррибиа** (ESG). Расположен в северо-западной части Парагвая.
4. **Хуан-Педро-Кабальеро** (PJC). Находится на северо-востоке страны, на границе с Бразилией.

Во внешнеторговой деятельности Парагвая с другими странами Южной Америки преобладают внутренний водный (50% стоимости экспорта, 2012 г.), автомобильный (39% экспорта, 45% импорта) и воздушный транспорт (40% импорта). В торговле с остальными странами доминируют внутренний водный (95% экспорта, 38% импорта) и воздушный транспорт (31% импорта). Крупнейшие торговые партнеры в Южной Америке: Бразилия,

Аргентина и Чили. Существует 17 пересечений границ Парагвая и ее соседей: 7 с Аргентиной, 8 с Бразилией, 2 с Боливией.

2.5. Страны со слабым развитием транспортной системы

2.5.1. Гайана

Площадь территории Гайаны составляет 215 тыс км², а численность ее населения – 756 тыс чел (2011 г.). Доля транспорта в ВВП страны самая высокая в Южной Америке и составляет 10,9%. Основными видами транспорта Гайаны являются автомобильный и водный (рис. 16).

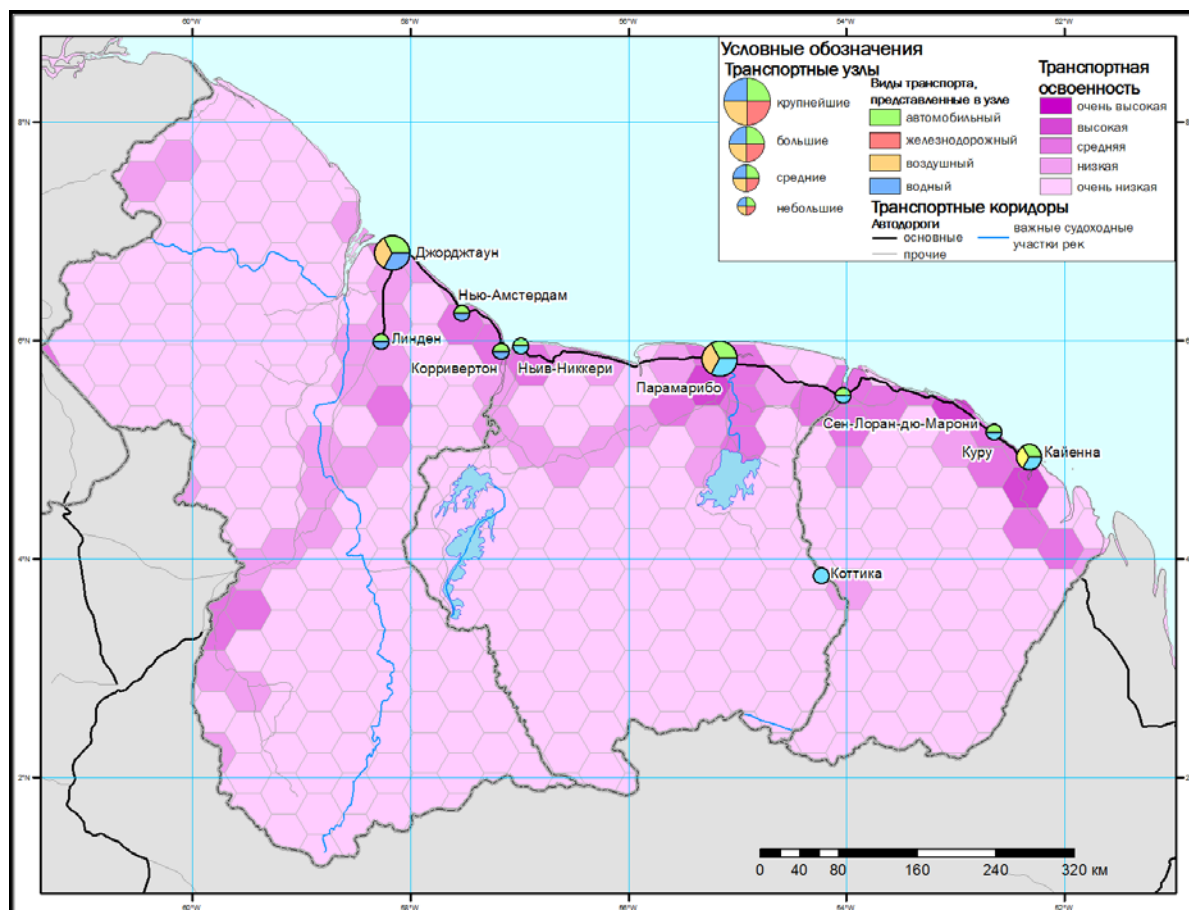


Рис. 16. Транспортные системы Гайаны, Суринама и Французской Гвианы. Составлено автором

На прибрежной равнине, которая занимает около 5% территории страны, проживает более 90% ее жителей. Наибольшее развитие транспортная инфраструктура получила именно в этом районе. Остальная часть страны освоена слабо или не освоена вообще [6].

Протяженность сети автомобильных дорог Гайаны составляет 3 995 км, из которых 15% обладают твердым покрытием. Большинство автодорог сконцентрировано в Приатлантической прибрежной зоне. Существует автомобильная дорога, идущая из столицы страны Джорджтауна к городу Летем на границе с Бразилией. Несмотря на то, что ее большая часть (Линден – Летем) не имеет твердого покрытия, эта автодорога способствует развитию внутренних районов

страны. На пересечениях автодорог и многих водных преград мосты не построены, значительно чаще используется паромная переправа, в т.ч. на границе с Суринамом (Корривертон – Ньив-Никкери). Значение коэффициента Энгеля для сети автомобильных дорог Гайаны является самым низким в Южной Америке и равняется 10.

Железные дороги Гайаны имеют длину 174 км (139 км – стандартная колея 1435 мм, 35 км – узкая колея 914 мм). Пассажирские перевозки по ним были прекращены в 1974 г., а грузовые перевозки сохраняются на участке в 51,5 км между месторождением марганца Мэтьюс-Бридж и портом Порт-Каитума.

Морской транспорт составляет основу перевозок, связанных с внешнеторговой деятельностью Гайаны. Главный порт страны – Джорджтаун, расположенный в устье р. Демерара. Морские суда могут подниматься по ней до порта Линдена. Судосходные участки имеют реки Эссекибо, Демерара и Бербис.

В Гайане существует 11 аэропортов с ВПП с твердым покрытием. Крупнейшие аэропорты страны расположены в Джорджтауне: Чедди-Джаган (GEO, международные перевозки) и Огле (OGL, внутренние перевозки)

Почти вся внешнеторговая деятельность Гайаны осуществляется морским транспортом. Основными внешнеторговыми партнерами в Южной Америке являются Суринам, Бразилия и Колумбия. Гайана имеет один пограничный сухопутный переход на границе с Бразилией.

2.5.2. Суринам

Суринам – это самая маленькая по площади (163,8 тыс км²) и населению (529 тыс чел., 2011 г.) независимая страна Южной Америки. Также она является одним из наименее экономически развитых государств региона. Транспортная сеть наиболее густа в узкой Приатлантической прибрежной полосе, где концентрируется большая часть населения страны. Доля транспорта в ВВП Суринама низка и составляет 6,6%. Основным видом является водный (рис. 16). Автомобильный транспорт имеет большое значение в прибрежной части Суринама [6].

Суринам имеет самую маленькую по протяженности сеть автомобильных дорог среди независимых государств Южной Америки. Ее длина составляет 4 570 км, четверть которых обладает твердым покрытием. Основу автодорожной сети составляет коридор, проходящий вдоль океанического побережья и связанный с обоих концов паромными переправами с соседними странами (через р.Курантейн на границе с Гайаной и через р.Марони на границе с Французской Гвианой) и автодорога, соединяющая столицу Парамарибо с Брокопондо, городом во внутренней части страны. Значение коэффициента Энгеля для сети автодорог Суринама незначительно и равно 16.

Железнодорожный транспорт использовался в Суринаме незначительно. Максимальная протяженность путей за историю страны – 849 км (1961 г.). В настоящее время остались неразобранными 100 км путей (стандартной колеи 1435 мм и узкой колеи 1000 мм), однако железнодорожное сообщение в стране не осуществляется.

Водный транспорт является важнейшим как для внутренних, так и для внешних грузоперевозок. Основные порты страны: Парамарибо (грузооборот 0,3 млн т, 2006 г.), Ньив-Никкери. Протяженность судоходных путей составляет около 1500 км. Крупнейшие реки: Курантейн, Марони, Суринам, Сарамакка, Никкери, Коппенейм. По ним осуществляется связь прибрежных частей страны с внутренними. Вдоль морского побережья существует дополнительный водный путь, образованный реками Суринам, Сарамакка и каналами. Основными грузами, перевозимыми внутренним водным транспортом, являются бокситы и рис.

В Суринаме около 50 аэродромов. Крупнейшие из них: аэропорт Йохан-Адольф-Пенгелы (PBM, международные рейсы) и Зорг-эн-Хооп (ORG, внутренние рейсы). Оба расположены в окрестностях Парамарибо. Авиационный транспорт используется для перевозки золота, добываемого во внутренних частях страны.

В стране действует нефтепровод длиной 55 км, соединяющий месторождения Сарамакки с нефтеперерабатывающим заводом в окрестностях Парамарибо.

Почти вся внешнеторговая деятельность осуществляется морским транспортом. Основные торговые партнеры Суринама в Южной Америке: Гайана, Бразилия и Колумбия.

2.5.3. Французская Гвиана

Площадь территории Французской Гвианы равняется 83,8 тыс км², а численность ее населения – 221 тыс чел (2011 г.). Основными видами транспорта являются автомобильный и водный (рис. 16). Почти все население департамента сосредоточено в узкой приатлантической прибрежной полосе. Она же имеет наибольшую транспортную освоенность [6].

Протяженность сети автомобильных дорог Французской Гвианы составляет 1 817 км, 40% которых обладают твердым покрытием. Дорожная сеть состоит из автодороги, проходящей вдоль побережья и нескольких ветвей и циклов (замкнутых контуров) вглубь территории. Организованы паромные переправы на границах с Суринамом (через р.Марони) и с Бразилией (через р.Ояпоки). Коэффициент Энгеля для сети автомобильных дорог Французской Гвианы равняется 13.

Железные дороги в стране действуют только на территории космодрома Куру и используются для его внутренних целей.

Водный транспорт является основным для связей Французской Гвианы с остальной территорией Франции («гексагоном») и с другими странами. Основными портами являются Деград-де-Каннс (около Кайенны, основной порт для внешней торговли), Лариво (Матури,

рыболовецкий порт), Париакабо (Куру, порт для доставки комплектующих космических аппаратов для космодрома Куру). Водотоки страны активно используются для транспортировки грузов и пассажиров. Основными водными артериями являются Марони и Ояпоки, а реки Лапруаж и Мана используются для перевозок золотой руды.

Во Французской Гвиане существует 4 аэропорта с твердым покрытием ВПП. Крупнейшим аэропортом департамента является Феликс-Эбуэ (СAY, Матури).

Почти вся внешнеторговая деятельность департамента осуществляется морским транспортом.

* * *

В связи с различиями в природных особенностях, уровне социального и экономического развития, приоритетах проводимой политики, между транспортными системами стран Южной Америки сформировались существенные различия, которые были упомянуты выше. Однако можно выделить ряд черт, сходных для транспорта большинства стран региона.

– Инфраструктура является сдерживающим фактором развития хозяйства стран региона. Плотность транспортных сетей невысока, обширные территории обладают низкой транспортной освоенностью.

– Автомобильный транспорт является основным для внутренних пассажирских и грузовых перевозок большинства стран региона. Значительная часть инвестиций, направленных на улучшение транспортной инфраструктуры, идет на строительство и обслуживание автомобильных дорог. В этом процессе участвует как государственный, так и частный капитал. Распространено предоставление дорог в концессию и установление платы за проезд по ним.

– Железнодорожный транспорт развит слабо. Регулярные грузовые перевозки осуществляются в некоторых странах и отличаются сильной специализацией перевозимых грузов (железная руда, уголь, сельскохозяйственная продукция). Пассажирские перевозки сохранились в некоторых крупных городских агломерациях, отдельные линии эксплуатируются для перевозок туристов.

– Водный транспорт является доминирующим во внешнеторговой деятельности стран региона. Речной транспорт получил распространение в бассейне рек Парана-Парагвай, Ориноко, Амазонка.

– Воздушный транспорт преобладает в перевозках пассажиров на дальние расстояния. Некоторые изолированные от основной сети автодорог населенные пункты достижимы только по воздуху.

– Регион является крупным производителем нефти и природного газа, что определяет широкое распространение трубопроводного транспорта.

В результате проведенного в этой главе анализа транспортных систем стран Южной Америки выделено 5 типов стран. Для сравнения применимости методов оценки транспортной доступности территории, изученных в первой главе, в условиях транспортных сетей различной конфигурации выбрано по одной стране из каждого типа: Уругвай, Венесуэла, Эквадор, Боливия и Гайана. Этому будет посвящена следующая глава.

Глава 3. Сравнительный анализ результатов оценки транспортной доступности городов отдельных стран Южной Америки различными методами

В третьей главе будет проведено сравнение эффективности методов оценки транспортной доступности на примере городов отдельных стран Южной Америки. Эффективность методов может различаться при их применении на территориях с различными природными, социально-экономическими условиями и уровнем развития транспортной системы. В связи с этим расчет транспортной доступности городов осуществлен для выборки, полученной на основе рассмотренной во второй главе типологии по особенностям пространственной организации транспортного сообщения. Для сравнения отобрано по одной стране из каждого типа:

- Уругвай из типа стран с относительно равномерным транспортным покрытием территории;
- Венесуэла – страны с сильными территориальными диспропорциями развития транспортной сети и наибольшей ее плотностью на прибрежных территориях;
- Эквадор – страны с сильными территориальными диспропорциями развития транспортной сети и наибольшей ее плотностью на горных территориях;
- Боливия – страны, не имеющие выхода к морю;
- Гайана – страны со слабым развитием транспортной системы.

3.1. Характеристика сравниваемых методов оценки транспортной доступности городов

3.1.1. Общие принципы оценки транспортной доступности городов

Сравнительный анализ результатов оценки транспортной доступности городов выбранных стран Южной Америки проведен для четырех первых групп методов, рассмотренных в первой главе. За рамками работы остаются методы инверсионных балансов и пространственно-временные методы. Первые из них применяются в случае необходимости учета притяжения между конкретными начальными и конечными пунктами. В нашем исследовании нет четко определенного количества начальных точек с заданными характеристиками. В связи с этим, методы инверсионных балансов для поставленных перед нами задач применить невозможно. Пространственно-временные методы используются при оценке транспортной доступности в крупномасштабных исследованиях для дезагрегированных субъектов, что не соотносится с поставленной задачей по оценке транспортной доступности городов на уровне стран и региона.

При расчете транспортной доступности городов автором принят ряд допущений. Во-первых, при анализе учитывается только автомобильный транспорт и внутренний водный

транспорт. Сеть автомобильных дорог характеризуется универсальностью, широким пространственным охватом территории континента. На территориях с низкой плотностью автомобильных дорог внутренний водный транспорт часто является основным, а иногда и единственным видом транспорта. В регионе расположено несколько крупных речных бассейнов (Амазонка, Парана-Парагвай, Ориноко и др.), которые активно используются для перевозок грузов и людей. Через автомобильные дороги и судоходные участки рек, озер и каналов перевозится около 85% грузов и 95% пассажиров в пределах Южной Америки. Во-вторых, сравнение методов оценки доступности производится исключительно в пределах государственных границ страны. Учет влияния сопредельных территорий на транспортную доступность сильно усложняет процесс сравнения различных показателей. В четвертой главе выбранный оптимальный метод будет применен для всего континента в целом, что позволит учитывать и трансграничные факторы изменения транспортной доступности городов. В-третьих, в связи проведением исследования на среднем и мелком масштабе при расчете доступности не учитывались автомобильные дороги внутри населенных пунктов.

При оценке транспортной доступности городов используются следующие общие для всех методов исходные материалы.

- Сеть автомобильных дорог, построенная автором по данным космических снимков (Google Earth), электронных карт (Google Maps, Bing Maps, OpenStreet Maps и др.) и карт дорожной сети исследуемых стран [42]. Автомобильные дороги внутри населенных пунктов не учтены.

- Сеть городов и поселений с численностью выше 10 тыс. чел. Информация о численности населения взята по данным последней проводимой в стране переписи.

- Преобладающие типы растительности. Данные получены по космическим снимкам системы Landsat. Всего для рассматриваемых стран выделено более ста типов. Каждому из них присвоена определенная средняя скорость перемещения, например, для низкотравной степи – 3 км/ч, для густого леса в горной местности – 0,2 км/ч [42].

Вся территория страны, удаленная от сети автомобильных дорог более чем на 100 км, исключается из расчетов.

Для всех методов оценки за исключением топологических применяется единая мера преодоления пространства. Показатель расстояния между начальными и конечными пунктами не позволяет в достаточном объеме учесть сложность этого процесса. В связи с этим в нашем исследовании при оценке транспортной доступности применяется показатель времени в пути. Оно рассчитывается как отношение расстояния к скорости перемещения. К ее определению скорости перемещения применяется дифференцированный подход. Все автомобильные дороги разделены на 3 группы. К 1-й группе отнесены автодороги с твердым покрытием, включенные

национальными атласами автомобильных дорог исследуемых стран в высшую категорию. Во 2-ю группу включены автодороги с преобладанием твердого покрытия, но не отнесенные национальными атласами к высшей категории. Каждой из групп присвоена определенная средняя скорость движения. По возможности использовались статистические данные по этому показателю. В случае их отсутствия для дорог высоких классов скорость принималась равной максимально допустимой местным законодательством для соответствующего типа. Для дорог более низких классов бралась доля от этого показателя. Она определялась экспертным путем при изучении фотографий и видеозаписей с изображением оцениваемых автодорог. В качестве дополнительного фактора, влияющего на скорость перемещения, выбран уклон территории. При уклонах более 15% к скорости применяется пропорциональный значению понижающий коэффициент [42].

Территория исследуемой страны преобразуется в поверхность, состоящую из множества ячеек – квадратов со стороной 1 км (в соответствии с разрешением карты типов растительности, построенной по данным снимков Landsat). Каждой ячейке присвоена величина, обратная скорости пересечения ячейки, выраженная в количестве минут, необходимых для преодоления 1 км (мин/км). В случае прохождения через ячейку автомобильной дороги, ячейке присваивается атрибут, равный величине, обратной предельной скорости движения по автодороге, скорректированной на уклон местности и переведенной в мин./км. Если через ячейку не проходят автодороги, то в качестве ее атрибута используется величина, обратная скорости перемещения через территорию в соответствии с типом растительности на ней.

Некоторые методы включают дополнительные показатели, используемые для расчета, равно как и различается сам подход к оценке доступности. Рассмотрим эти различия ниже.

3.1.2. Топологические методы

Оценка транспортной доступности городов топологическими методами проводится путем построения графа на основе существующей транспортной сети автомобильных дорог страны. Он состоит из ребер, представляющих собой линейную составляющую транспортной сети, и узлов, расположенных в местах пересечения ребер, а также в их конечных точках.

В качестве топологического метода выбран индекс Шимбела, рассмотренный в первой главе. Напомним порядок его расчета:

$$A_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n d_{ij} \quad (10)$$

где A_i – показатель доступности узла i , d_{ij} – топологическое расстояние (минимальное количество ребер) между узлами i и j , n – количество узлов в графе.

По этой формуле рассчитывается доступность всех остальных узлов из выбранного. Она характеризует всю территорию в целом, а не заранее выбранное ограниченное множество конечных пунктов. Для оценки транспортной доступности городов модифицируем формулу расчета индекса Шимбела:

$$A_i = \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^m d_{ik} \quad (11)$$

где A_i – показатель доступности городов из узла i , d_{ik} – топологическое расстояние (минимальное количество ребер) между узлом i и городом k , m – количество городов в стране.

Как и в большинстве топологических методов оценки транспортной доступности, в качестве начальных пунктов выбраны узлы графа сети автомобильных дорог. Конечные пункты при использовании любых методов в нашем исследовании – города и поселения с людностью более 10 тыс чел. Транспортная доступность узла определяется путем суммирования топологических расстояний от него до всех городов и построения матрицы связности, аналогичной приведенной в табл. 2. Чем выше значение полученного показателя, тем ниже транспортная доступность узла. Интегральная картина изменчивости транспортной доступности по территории страны получается путем построения поверхности через интерполирование показателей каждого из узлов.

3.1.3. Методы оценки пространственного разграничения

Методы оценки пространственного разграничения подразумевают расчет сложности преодоления пространства, разделяющего начальный и конечный пункт.

В качестве начальных пунктов взяты квадратные ячейки со стороной 1 км, формирующие рассмотренную выше поверхность сложности преодоления пространства. Конечные пункты – города и населенные пункты с людностью выше 10 тыс чел.

Транспортная доступность городов в выбранной точке определяется как сумма времени в пути из нее до всех городов и рассчитывается по следующей формуле:

$$A_i = \sum_{k=1}^m t_{ik} \quad (12)$$

где A_i – показатель доступности городов из ячейки i , t_{ik} – время в пути из ячейки i в город k , m – количество городов в стране.

Показать A_i и уровень транспортной доступности городов в ячейке i имеют обратную зависимость: чем ниже значение показателя A_i , тем меньше времени в пути необходимо для достижения всех городов из ячейки i , и тем выше в ней транспортная доступность городов.

Показатель расстояния между начальными и конечными пунктами как мера преодоления пространства не позволяет в достаточном объеме учесть сложность этого процесса. В связи с

этим в нашем исследовании при оценке транспортной доступности применяется показатель времени в пути.

3.1.4. Методы изолиний

Методы изолиний являются продолжением методов оценки пространственного разграничения. Несмотря на присутствие аналогий в подходах к расчету, существуют серьезные различия между этими группами методов.

Метод оценки пространственного разграничения, применяемый в работе, характеризуется интегральностью, т.е. учетом связей начального пункта со всеми городами. При оценке транспортной доступности методом изолиний учитывается только время в пути из выбранной ячейки до ближайшего города.

В связи с использованием изолиний для визуализации результатов метода оценки пространственного разграничения, складывается впечатление равенства транспортной доступности городов из ячеек, заключенных между соседними изохронами. Однако на самом деле каждая из ячеек имеет свое собственное расчетное значение показателя. Вместе с тем, при использовании методов изолиний происходит усреднение уровня транспортной доступности всей территории внутри соседних изолиний. Например, все ячейки, расположенные между изохронами 1 ч. и 2 ч. имеют показатель транспортной доступности, равный 2 ч, вне зависимости от их расположения.

Транспортная доступность городов при оценке методом изолиний определяется как время в пути из выбранной ячейки до ближайшего города, округленное до значения ограничивающей сверху изохроны.

3.1.5. Методы потенциалов

В методах потенциалов, в отличие от рассмотренных ранее методов, вводится показатель веса конечных пунктов. В нашем исследовании их роль играет людность городов.

При оценке транспортной доступности этой группой методов могут использоваться различные варианты функции меры преодоления расстояния и функции веса конечных пунктов, о чем подробно говорилось в первой главе. Функции необходимо выбирать с условием исключения явления самопотенциала, когда ее значение асимптотически стремится к бесконечности при приближении к конечным пунктам (в нашем случае – городам).

Автором проведено исследование более пятидесяти вариантов различных функций меры преодоления расстояний. В этой работе проведем расчет транспортной доступности методом потенциалов с использованием пяти функций, которые характеризуют различные подходы к оценке влияния сопротивления пространства и веса городов. Далее в работе при упоминании методов использованы их порядковые номера.

1. Метод потенциалов 1. Рассчитывается по следующей формуле:

$$A_i = \sum_{k=1}^m P_k e^{-t_{ik}} \quad (13)$$

где A_i – показатель доступности городов из ячейки i , t_{ik} – время в пути из ячейки i в город k , P_k – людность города k , m – количество городов в стране, e – основание натурального логарифма.

2. Метод потенциалов 2. Рассчитывается следующим образом:

$$A_i = \sum_{k=1}^m P_k e^{\frac{-t_{ik}}{10}} \quad (14)$$

где A_i – показатель доступности городов из ячейки i , t_{ik} – время в пути из ячейки i в город k , P_k – людность города k , m – количество городов в стране, e – основание натурального логарифма.

3. Метод потенциалов 3. Его формула расчетов выглядит так:

$$A_i = \sum_{k=1}^m P_k e^{-t_{ik}^2} \quad (15)$$

где A_i – показатель доступности городов из ячейки i , t_{ik} – время в пути из ячейки i в город k , P_k – людность города k , m – количество городов в стране, e – основание натурального логарифма.

4. Метод потенциалов 4. Оценивается по следующей формуле:

$$A_i = \sum_{k=1}^m P_k e^{\frac{-t_{ik}^2}{10}} \quad (16)$$

где A_i – показатель доступности городов из ячейки i , t_{ik} – время в пути из ячейки i в город k , P_k – людность города k , m – количество городов в стране, e – основание натурального логарифма.

5. Метод потенциалов 5. Рассчитывается по следующей формуле:

$$A_i = \sum_{k=1}^m \sqrt{P_k} e^{\frac{-t_{ik}^2}{10}} \quad (17)$$

где A_i – показатель доступности городов из ячейки i , t_{ik} – время в пути из ячейки i в город k , P_k – людность города k , m – количество городов в стране, e – основание натурального логарифма.

Эти функции нормируют значение меры преодоления расстояния от 0 до 1, что позволяет избежать возникновения самопотенциала.

3.1.6. Порядок сравнения результатов применения методов оценки транспортной доступности городов

Транспортная доступность городов каждой из отобранных пяти стран оценена восемью различными методами (топологический метод, метод оценки пространственного разграничения, метод изолиний и пять вариантов метода потенциалов). После применения каждого из них формируется заполняющая всю территорию страны поверхность, состоящая из квадратных ячеек со стороной 1 км. Каждая из них обладает своим значением транспортной доступности городов.

По результатам применения методов построены карты транспортной доступности городов выбранных стран. Основным показателем отображен качественным фоном. Города, участвующие в расчетах, отображены значками, размер которых зависит от людности. Также на карты нанесены основные автодороги и судоходные участки рек. В связи с трудностью интерпретации числовых значений, полученных при расчете показателей большинством методом, автором принято решение использовать качественную шкалу доступности, состоящую из пяти градаций «очень высокая», «высокая», «средняя», «низкая», «очень низкая». Градации выделяются в соответствии с естественными разрывами в выборке результатов расчетов. Группировка ячеек в пределах выбранных интервалов сказывается только на визуальном восприятии карт. При проведении анализа распределения показателя по территории стран методом пространственного наложения и при расчете статистических показателей за основу берется неокругленное и негруппированное значение транспортной доступности городов для каждой ячейки территории. В связи с использованием различных подходов и единиц измерения при оценке для обеспечения возможности числового сравнения результатов проведено их нормирование от 0 до 1000, где 0 – показатель минимальной, а 1000 – максимальной транспортной доступности.

Сравнение результатов применения методов можно подразделить на две основные составляющие: пространственный и статистический анализ.

Пространственный анализ подразумевает визуальное сопоставление карт транспортной доступности городов и их наложение. Наложение осуществляется путем вычитания значений ячеек карты доступности городов страны, полученной одним методом, из значений соответствующих ячеек карты доступности той же страны, составленной другим методом. Это позволяет оценить пространственные различия результатов исследования и изучить применимость методов на различных типах территорий: вблизи или вдали от крупных городов, в местах сгущения и разрежения дорожной сети и т.д. Для осуществления пространственного анализа построено 140 карт, по 28 для каждой страны. Они представлены на рис. 1-140 приложения.

Статистический анализ позволяет избежать субъективности визуального восприятия карт [22]. Рассматриваются полные диапазоны информации для всех методов без какой-либо группировки и создания градаций (как это делается при картографировании). Для осуществления статистического анализа полученная после расчета транспортной доступности городов поверхность ячеек преобразована в таблицу со структурой «Номер ячейки» - «Значение показателя». Все таблицы для одной страны имеют полное соответствие между пространственным расположением и номером ячейки. Это обеспечивает возможность сопоставления значений транспортной доступности для каждой из ячеек, полученных с использованием различных методов. Статистический анализ включает установление наличия или отсутствия корреляции между наборами данных, ее силу, а также расчет и сравнение основных показателей статистики: среднего и медианного значений, среднеквадратичного отклонения, дисперсии, коэффициента вариации, асимметричности выборки, границ первого и третьего квартилей.

Перейдем к сравнительному анализу результатов применения методов оценки транспортной доступности городов.

3.2. Оценка транспортной доступности городов Уругвая

Уругвай относится к типу стран с относительно равномерным транспортным покрытием территории. В стране нет значительных территорий, удаленных от автомобильных дорог. Их сеть имеет веерообразную структуру, достигая наибольшей плотности в южной части страны: в Монтевидео, провинции Канелонес и на прилегающих территориях. Сеть городов покрывает весь Уругвай, ее наибольшая концентрация характерна для юга. По людности отмечается доминирование столицы страны, Монтевидео. Остальные города имеют значительно более низкие значения численности населения.

Сеть автомобильных дорог Уругвая, использованная для оценки транспортной доступности, состоит из 4912 узлов и 7361 ребер. Значение транспортной доступности при оценке топологическим методом зависит от количества ребер графа, разделяющих начальную точку и город. В связи с большим количеством пересечений автомобильных дорог в южной части страны, уровень транспортной доступности городов для этой территории получается искусственно заниженным (рис. 17). Распределение показателя по остальной территории страны характеризуется высокой мозаичностью.

Расчет транспортной доступности территории методом оценки пространственного разграничения (рис. 18) показывает диспропорции в значениях показателя между северной и южной частями страны. Большая часть городов (выступающих в роли конечных точек) расположена на юге, где также высока густота автомобильных дорог. Это определяет

превышение показателя транспортной доступности городов для юга Уругвая по сравнению с его северной частью.

Метод изолиний дает схожее распределение показателя доступности по территории страны (рис. 19). Однако в связи учетом при расчете транспортной доступности только наиболее близкого города и исключением из оценки всех остальных, результаты оказались более выровненными. Северная часть страны при использовании метода изолиний также характеризуется относительно высоким уровнем транспортной доступности. Более низкие ее значения встречаются на территориях, обладающих разреженной транспортной сетью.

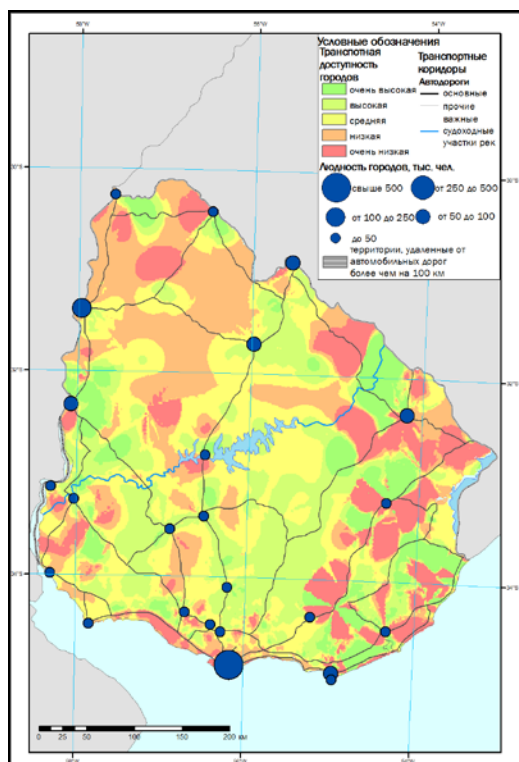


Рис. 17. Транспортная доступность городов Уругвая. Топологический метод.

Составлено автором

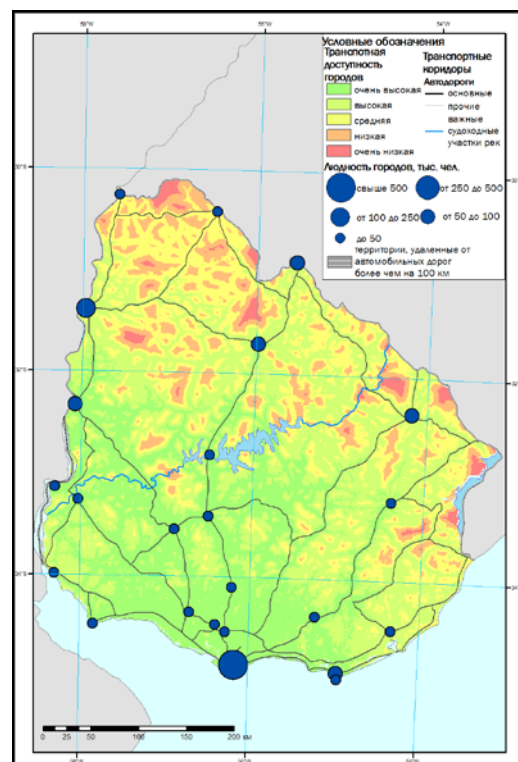


Рис. 18. Транспортная доступность городов Уругвая. Метод оценки пространственного разграничения.

Составлено автором

Методы потенциалов учитывают веса конечных пунктов, т.е. людность городов. Крупнейшим городом страны является Монтевидео, численность его населения превосходит более чем в 10 раз численность жителей второго города – Сальто. Это является одним из основных факторов наличия сильных различий в показателе транспортной доступности городов на прилегающей к столице территории и всей остальной части Уругвая.

Формула расчета первого и третьего из рассмотренных методов потенциалов подразумевают быстрое падение показателя транспортной доступности при увеличении расстояния (рис. 20 и 22). В связи с этим на карте выделяется только зоны повышенных значений в окрестностях Монтевидео.

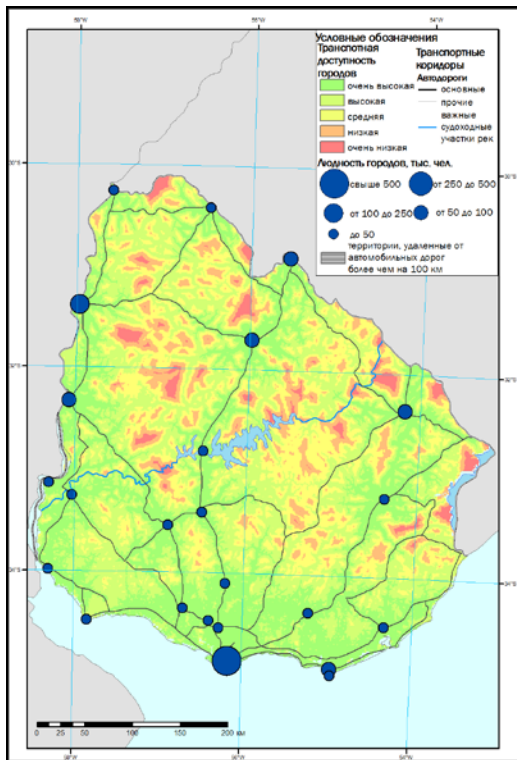


Рис. 19. Транспортная доступность городов Уругвая. Метод изолиний

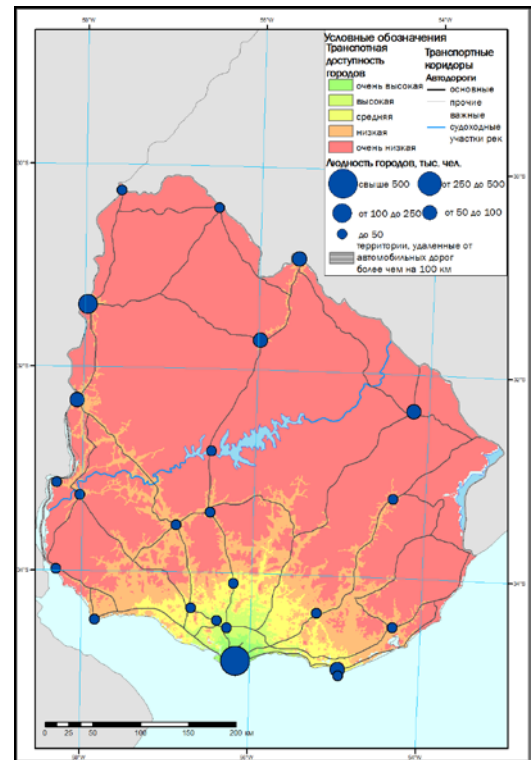


Рис. 20. Транспортная доступность городов Уругвая. Метод потенциалов 1

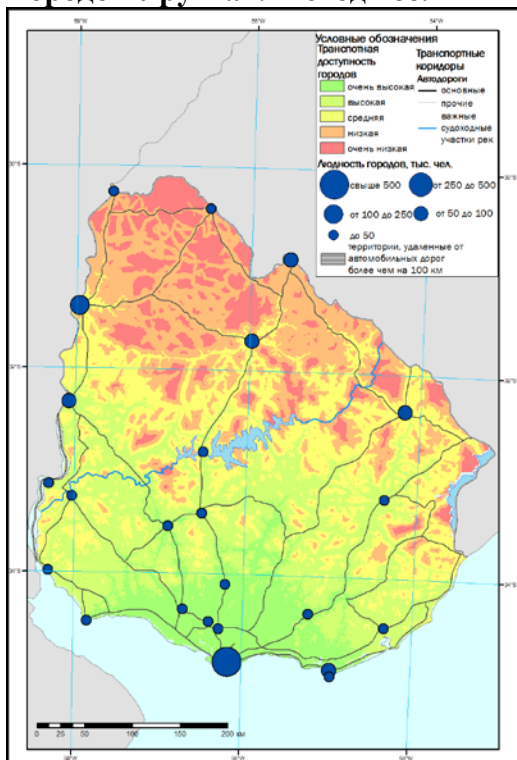


Рис. 21. Транспортная доступность городов Уругвая. Метод потенциалов 2
Составлено автором

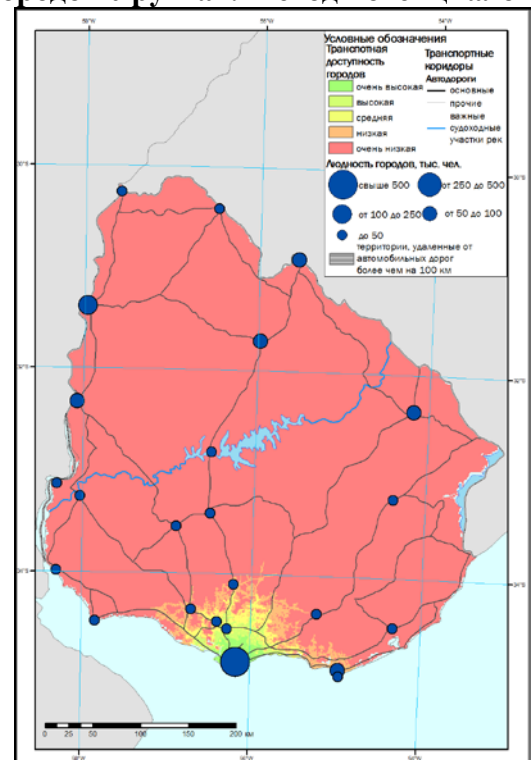


Рис. 22. Транспортная доступность городов Уругвая. Метод потенциалов 3
Составлено автором

Второй метод потенциалов, напротив, делает плавной эту зависимость (рис. 21). Однако за счет низкого показателя сопротивления пространства сглаживаются различия в транспортной доступности для более близких к городам и более отдаленных от них территорий. Поэтому вся

южная часть страны обладает одинаково высоким значением показателя. При расчете методом потенциалов 4 (рис. 23) на близкой к городам территории транспортная доступность снижается плавно, а затем – более резко. За счет этого можно видеть распространение зоны повышенной транспортной доступности вдоль основных автодорог страны вплоть до городов Сальто на северо-западе и Мело на северо-востоке.

Метод потенциалов 5 снижает влияние людности городов на транспортную доступность (рис. 24). Удаленность от Монтевидео продолжает определять распределение транспортной доступности городов по территории Уругвая, однако зона его тяготения уменьшается.

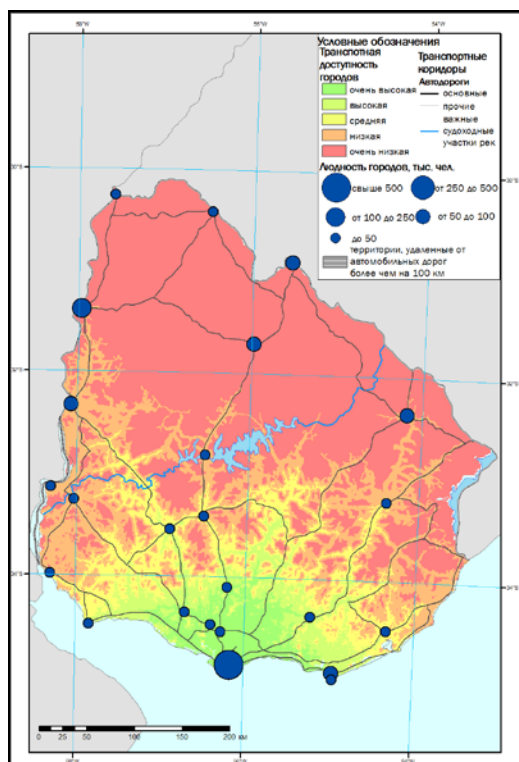


Рис. 23. Транспортная доступность городов Уругвая. Метод потенциалов 4.
Составлено автором

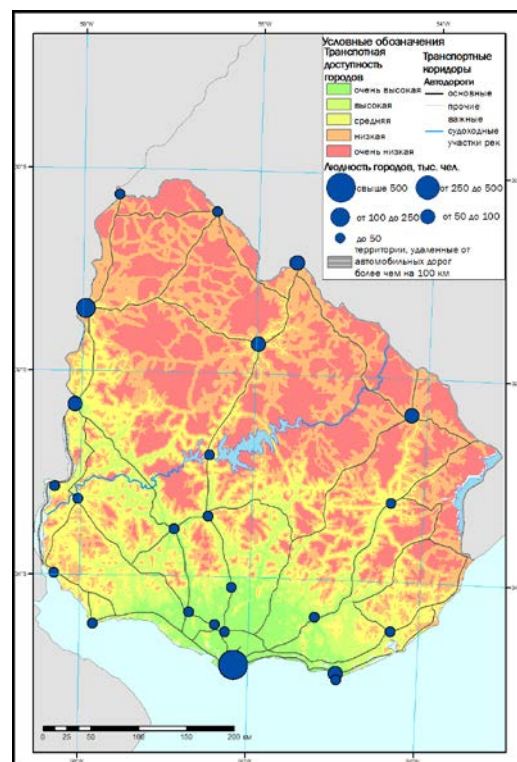


Рис. 24. Транспортная доступность городов Уругвая. Метод потенциалов 5.
Составлено автором

Карты пространственного наложения транспортной доступности городов Уругвая, построенные при использовании различных методов оценки, представлены на рис. 1-28 приложения. Больше всего не похожа на остальные карта доступности, рассчитанная топологическим методом. Некоторые территории обладают значительно более высокими показателями транспортной доступности по сравнению с расчетами другими методами, а другие территории – более низкими.

При использовании метода изолиний транспортная доступность для территорий, удаленных от городов и автомобильных дорог, оказалась ниже, чем при использовании метода оценки пространственного разграничения (рис. 25). Это вызвано округлением до вышестоящей изолинии и учетом времени в пути только до ближайшего города.

При расчетах методами потенциалов, в связи с тем, что вес Монтевидео намного превышает веса всех остальных городов страны, на удаленных от него территориях значения транспортной доступности более близки между собой, чем при сравнении с другими методами. Введение степенной зависимости от меры преодоления расстояния в методах потенциалов 3, 4 и 5 позволяет создать бóльшие контрасты между примыкающей и отдаленной от городов территорией (рис. 26).

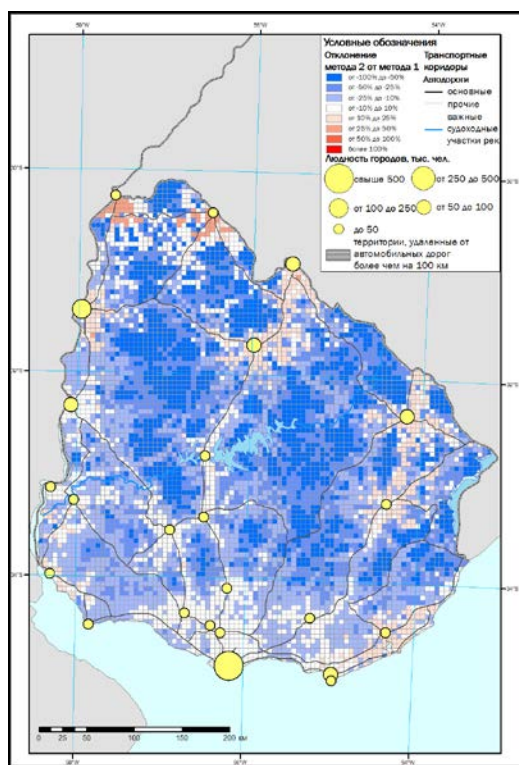


Рис. 25. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Уругвая методом оценки пространственного разграничения и методом изолиний. Составлено автором

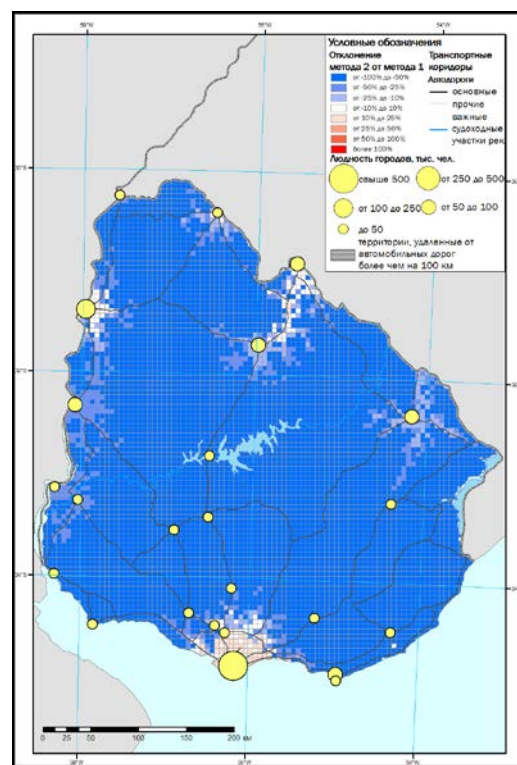


Рис. 26. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов методом потенциалов 1 и методом потенциалов 3. Составлено автором

Пятый метод потенциалов по сравнению с четвертым уменьшает значимость Монтевидео в расчете транспортной доступности Уругвая. При этом значение показателя повышается для внутренних частей страны и сохраняется на том же уровне для прилегающих к столице территорий (рис. 27).

Корреляционный анализ выборок, содержащих результаты оценки транспортной доступности городов Уругвая, показывает, что данные топологического метода не коррелируют ни с одним из остальных методов (табл. 5). Распространение по территории страны результатов метода оценки пространственного разграничения, в целом, схоже с распространением результатов методов потенциалов 2 и 5 (коэффициенты корреляции равны 0,88 и 0,74 соответственно). Метод изолиний обладает средними значениями корреляции с остальными методами. Методы потенциалов рассчитываются с использованием схожих принципов, поэтому значения коэффициентов корреляции между ними высоки. От этого правила немного

отклоняется метод потенциалов 3 в связи с учетом при его расчете быстрого снижения доступности при увеличении расстояния. Методы потенциалов 4 и 5 почти полностью коррелируют (0,95).

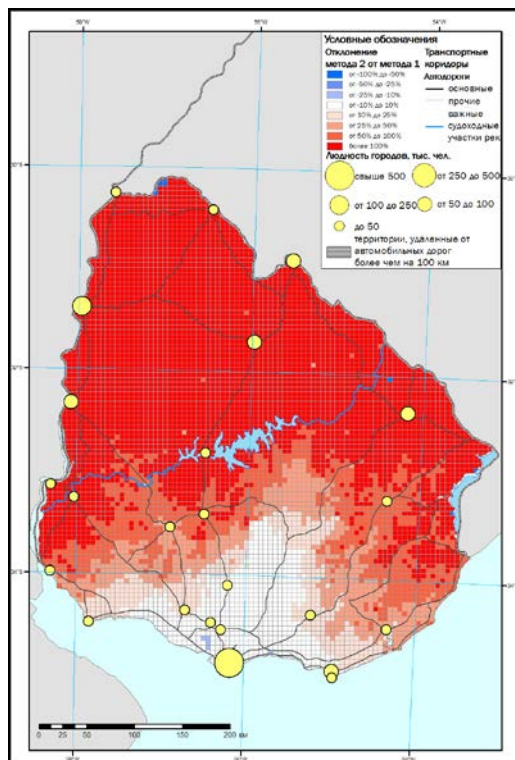


Рис. 27. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Уругвая методами потенциалов 4 и 5.
Составлено автором

После нормирования результатов применения различных методов оценки от 0 до 1000 проведен анализ основных статистических показателей выборки, состоящей из данных о транспортной доступности городов для каждой из ячеек, на которые была разбита территория. Результаты расчетов представлены в табл. 6. Для топологического метода среднее значение и медиана выборки примерно соответствуют стандартному распределению. Не наблюдается смещений пика ни вправо, ни влево. Границы первого и третьего квартилей также размещены симметрично относительно медианы (362 и 611). Коэффициент вариации результатов топологического метода не выделяется на фоне остальных методов расчета. Асимметричность выборки отсутствует.

Средние значения и медиана метода оценки пространственного разграничения и метода изолиний сдвинуты в сторону высоких значений доступности, наблюдается сильная асимметричность выборки. Границы первого квартиля равны 795 и 500 соответственно. Значения метода оценки пространственного разграничения характеризуются низкой вариативностью (коэффициент вариации составляет 12%). Большинство из них сосредоточено в верхней зоне рассматриваемого диапазона доступности. Значения метода изолиний отличаются

чуть большими значениями коэффициента вариации (50%), однако их нельзя охарактеризовать как высокие.

Методы потенциалов на примере Уругвая, наоборот, дают асимметричность в сторону низкой доступности. Она наиболее выражена в случае первого и третьего методов потенциала. Их медиана равняется 14 и 0,8 соответственно. Средние значения выборки метода потенциалов 2 соответствуют средним показателям доступности рассматриваемого диапазона, однако коэффициент вариации крайне низок – 27%. Распределение результатов четвертого и пятого методов потенциалов не сдвинуто так сильно в сторону низких значений, как в случае выборки первого и третьего методов. При этом их вариативность выше среднего (коэффициент вариации 123% и 81% соответственно), но не настолько высокая, чтобы было трудно интерпретировать результаты.

Таблица 5

Корреляционный анализ результатов применения различных методов оценки транспортной доступности городов Уругвая

Наименование метода	Топологический метод	Метод оценки пространственного разграничения	Метод изолиний	Метод потенциалов 1	Метод потенциалов 2	Метод потенциалов 3	Метод потенциалов 4	Метод потенциалов 5
Топологический метод		0,13	0,05	-0,01	0,14	-0,06	0,09	0,11
Метод оценки пространственного разграничения	0,13		0,72	0,41	0,88	0,25	0,61	0,74
Метод изолиний	0,05	0,72		0,39	0,65	0,26	0,53	0,70
Метод потенциалов 1	-0,01	0,41	0,39		0,63	0,93	0,84	0,77
Метод потенциалов 2	0,14	0,88	0,65	0,63		0,42	0,85	0,90
Метод потенциалов 3	-0,06	0,25	0,26	0,93	0,42		0,60	0,53
Метод потенциалов 4	0,09	0,61	0,53	0,84	0,85	0,60		0,96
Метод потенциалов 5	0,11	0,74	0,70	0,77	0,90	0,53	0,96	

Составлено по расчетам автора

Таблица 6

Основные показатели статистического анализа выборок на основе результатов оценки транспортной доступности различными методами

Показатель	Страна	Топологический метод	Метод оценки пространственного разграничения	Метод изолиний	Метод потенциалов 1	Метод потенциалов 2	Метод потенциалов 3	Метод потенциалов 4	Метод потенциалов 5
Среднее значение	Уругвай	481	841	610	42	579	21	180	275
	Венесуэла	443	913	151	14	34	10	5	53
	Эквадор	543	873	400	70	58	37	24	216
	Боливия	359	840	176	10	45	10	12	89
	Гайана	357	737	26	6	90	5	18	18
Стандартное отклонение	Уругвай	242	100	306	93	158	95	221	223
	Венесуэла	132	124	303	54	37	58	14	134
	Эквадор	137	172	418	123	42	113	33	273
	Боливия	187	112	301	32	37	58	27	181
	Гайана	97	218	139	54	187	57	103	104
Дисперсия выборки	Уругвай	58517	9994	93766	8583	24842	8997	48983	49839
	Венесуэла	17334	15408	92013	2933	1355	3389	201	17851
	Эквадор	18759	29547	174757	15098	1781	12674	1056	74382
	Боливия	35135	12475	90324	1039	1382	3404	729	32679
	Гайана	9410	47445	19444	2920	34877	3264	10574	10883
Асимметричность	Уругвай	0,0	-1,9	-0,5	5,2	0,0	7,3	1,9	1,2
	Венесуэла	0,6	-2,0	1,8	7,5	1,6	10,5	11,6	3,5
	Эквадор	2,0	-2,3	0,3	2,8	1,2	5,3	3,4	1,0
	Боливия	0,8	-1,9	1,5	6,5	1,2	9,7	3,8	2,4

	Гайана	0,7	-0,8	5,7	12,7	2,5	14,4	7,1	6,9
Коэффициент вариации	Уругвай	50%	12%	50%	223%	27%	449%	123%	81%
	Венесуэла	30%	14%	201%	385%	110%	608%	303%	253%
	Эквадор	25%	20%	104%	175%	73%	306%	136%	127%
	Боливия	52%	13%	170%	327%	82%	607%	229%	202%
	Гайана	27%	30%	531%	889%	207%	1213%	582%	565%
1-й квартиль	Уругвай	361,9	795,5	500,0	5,2	467,2	0,0	38,7	111,4
	Венесуэла	389,9	884,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Эквадор	498,9	868,0	0,0	0,0	10,3	0,0	0,0	0,0
	Боливия	233,7	800,9	0,0	0,0	9,9	0,0	0,0	0,0
	Гайана	306,1	579,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2-й квартиль (медиана)	Уругвай	496,5	858,6	750,0	14,4	583,3	0,8	87,1	217,8
	Венесуэла	408,9	977,9	0,0	0,0	21,8	0,0	0,0	0,0
	Эквадор	503,8	951,5	250,0	5,3	70,2	0,0	3,9	43,0
	Боливия	362,2	882,7	0,0	0,0	40,6	0,0	0,0	0,6
	Гайана	326,5	793,7	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0
3-й квартиль	Уругвай	611,0	909,1	750,0	33,9	680,8	7,7	225,1	376,3
	Венесуэла	513,0	987,2	0,0	1,6	61,8	0,0	1,1	16,9
	Эквадор	556,6	966,2	750,0	98,0	95,0	13,2	44,9	422,3
	Боливия	454,7	917,4	250,0	2,7	75,1	0,0	5,8	72,7
	Гайана	408,2	928,9	0,0	0,0	71,5	0,0	0,0	0,0

Составлено по расчетам автора

3.3. Оценка транспортной доступности городов Венесуэлы

Венесуэла относится к типу стран с сильными территориальными диспропорциями развития транспортной сети и наибольшей ее плотностью на прибрежных территориях. Сеть автомобильных дорог имеет высокую густоту в северной и северо-западной части страны. Юг и юго-восток страны обладают значительной меньшей транспортной освоенностью. Сеть городов страны имеет аналогичное пространственное распределение: большинство из них расположены на севере и северо-западе Венесуэлы. Соотношение городов по людности более равномерно, чем в рассмотренном выше Уругвае. К крупнейшим городам страны по численности населения относятся Каракас, Маракайбо, Валенсия, Баркисимето и Сан-Кристобаль.

Сеть автомобильных дорог Венесуэлы, используемая в исследовании, включает в себя 22701 ребро и 15855 узлов. На карте транспортной доступности городов Венесуэлы, оцененной топологическим методом, видна зависимость показателя от густоты транспортной сети: минимальные значения характерны для северо-запада страны, а максимальные – для центральной и южной части (рис. 28).

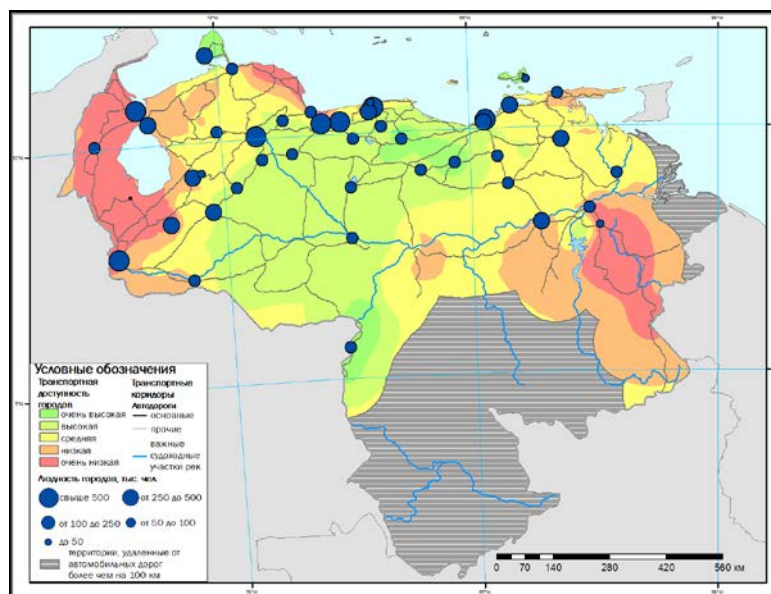


Рис. 28. Транспортная доступность городов Венесуэлы. Топологический метод.

Составлено автором

В связи с особенностями размещения городов и транспортной сети, влиянием уклонов местности метод оценки пространственного разграничения дает относительно однородную картину распределения транспортной доступности городов по территории Венесуэлы (рис. 29). Это затрудняет его использование для проведения анализа показателя.

Карта, построенная с использованием метода изолиний, лучше отражает пространственную дифференциацию значений показателя транспортной доступности (рис. 30). На ней можно выделить три основных ареала высокого уровня, которые, в свою очередь, соответствуют территориям с большим количеством городов и плотной дорожной сетью: центральная часть побережья страны (Каракас – Валенсия – Баркисимето), юго-запад (Сан-

Кристобаль – Мерида – Валера) и восток (Сьюдад-Боливар, Сьюдад-Гуаяна, Матурин, Кумана, Барселона). Участки, расположенные между этими ареалами характеризуются, в целом, более низкими значениями транспортной доступности городов.

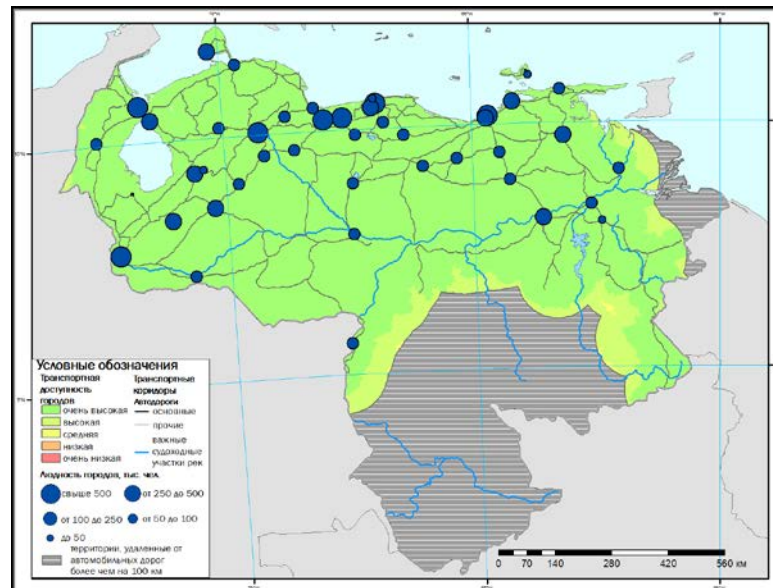


Рис. 29. Транспортная доступность городов Венесуэлы. Метод оценки пространственного разграничения. Составлено автором

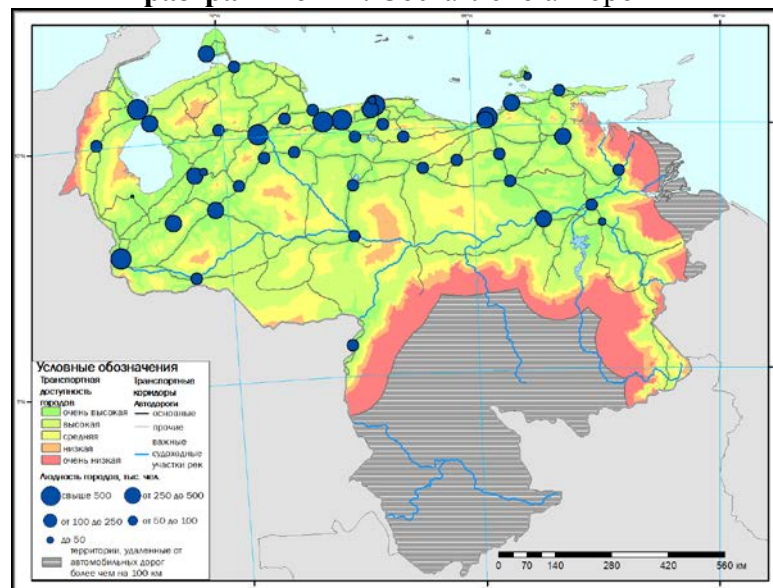


Рис. 30. Транспортная доступность городов Венесуэлы. Метод изолиний. Составлено автором

При использовании первого (рис. 31) и третьего (рис. 33) методы потенциалов выделяются только небольшие ареалы повышенных значений показателя вокруг крупнейших по людности городов страны – Каракаса, Маракайбо, Баркисимето и Валенсии. Вся остальная территория страны имеет низкий уровень транспортной доступности городов.

Второй метод потенциалов показывает аналогичное с методом изолиний пространственное распространение транспортной доступности (рис. 32). Основным его отличием является бóльшая размытость границ ареалов с различными значениями показателя.

В целом, транспортная доступность городов Венесуэлы при расчете методом потенциалов 2 кажется автору завышенной.

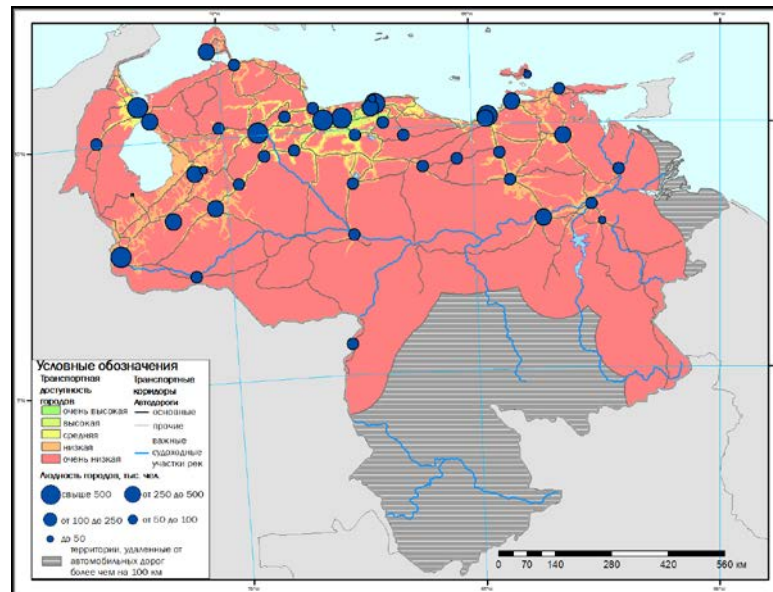


Рис. 31. Транспортная доступность городов Венесуэлы. Метод потенциалов 1.
Составлено автором

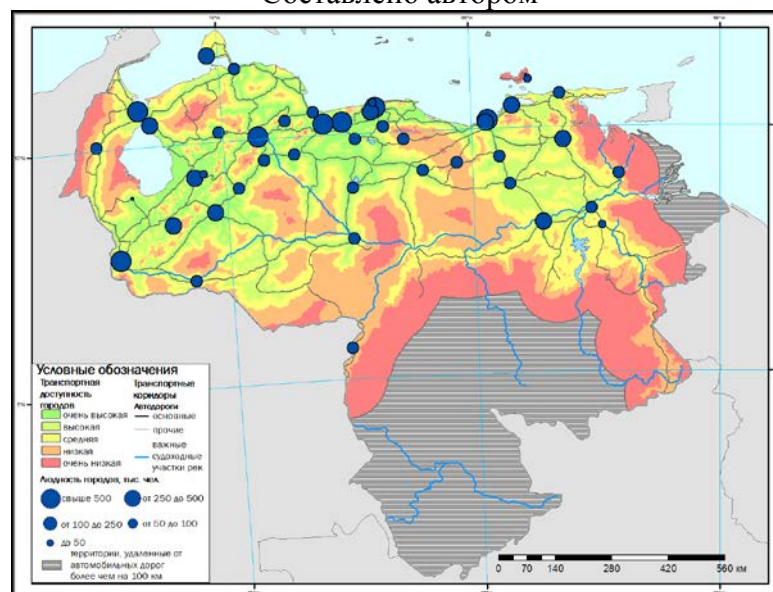


Рис. 32. Транспортная доступность городов Венесуэлы. Метод потенциалов 2.
Составлено автором

Четвертый (рис. 34) и пятый (рис. 35) методы потенциалов дают схожие показатели транспортной доступности территории Венесуэлы: высокие значения характерны для примыкающей к Каракасу территории и для северного и восточного побережья оз. Маракайбо. Пятый метод расширяет границы зон с повышенной транспортной доступностью вокруг городов со средней и небольшой численностью: Сюдад-Гуаяна, Сюдад-Боливар, Мерида, Кумана и Пунто-Фихо.

Пространственное наложение большинства карт оценки транспортной доступности показывает либо преобладание значений показателя при расчете одним из методов на всей

территории (рис. 36), либо противоположные характеристики для зон, примыкающих к городам и связывающим их автодорогам, и территорий, удаленных от них (рис. 37). Полные результаты наложения карт доступности представлены на рис. 29-56 приложения.

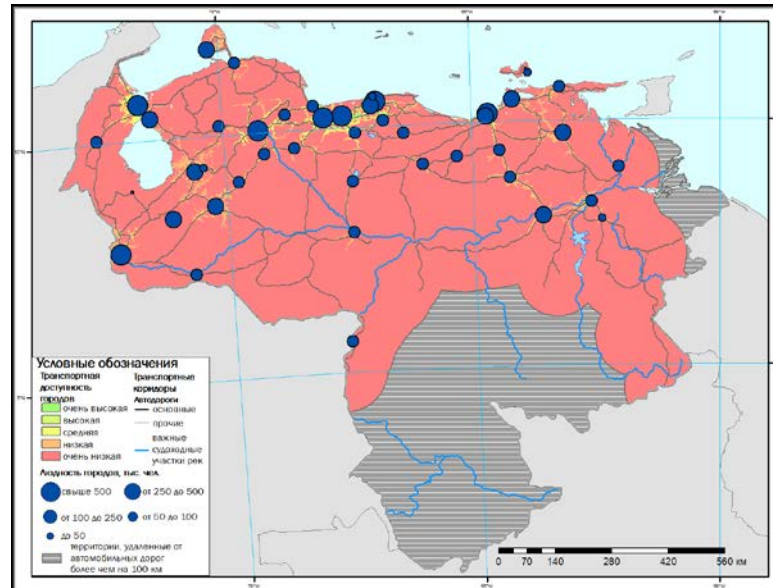


Рис. 33. Транспортная доступность городов Венесуэлы. Метод потенциалов 3.

Составлено автором

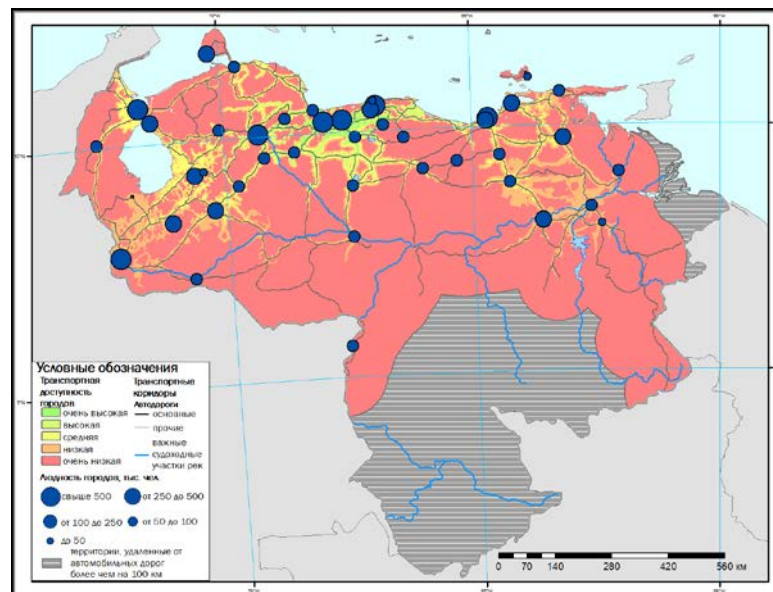


Рис. 34. Транспортная доступность городов Венесуэлы. Метод потенциалов 4.

Составлено автором

Корреляционный анализ выборок, полученных из результатов применения различных методов оценки транспортной доступности городов Венесуэлы, выявил полное отсутствие корреляции данных топологического метода и метода оценки пространственного разграничения со всеми остальными методами. Высокое значение коэффициента корреляции характерно для следующих пар выборок: метод изолиний – метод потенциалов 5; метод потенциалов 1 и методы потенциалов 3, 4 и 5; метод потенциалов 4 – метод потенциалов 5.

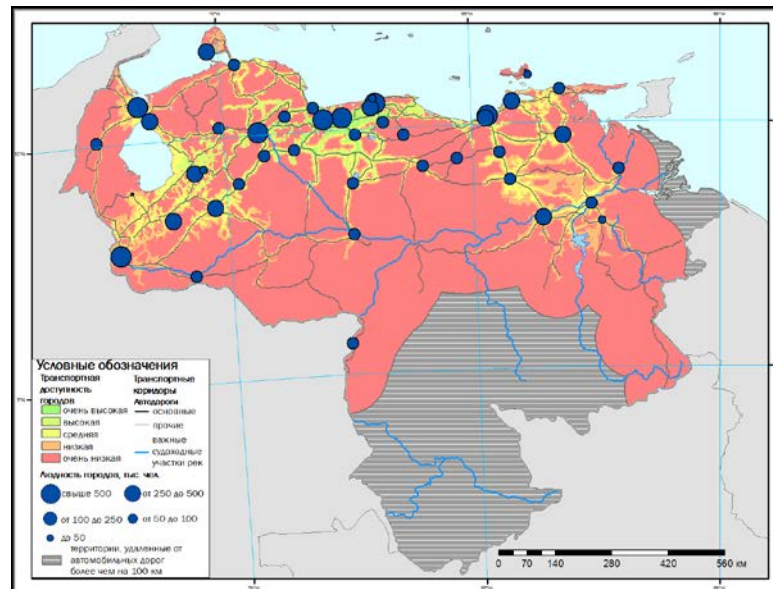


Рис. 35. Транспортная доступность городов Венесуэлы. Метод потенциалов 5.

Составлено автором

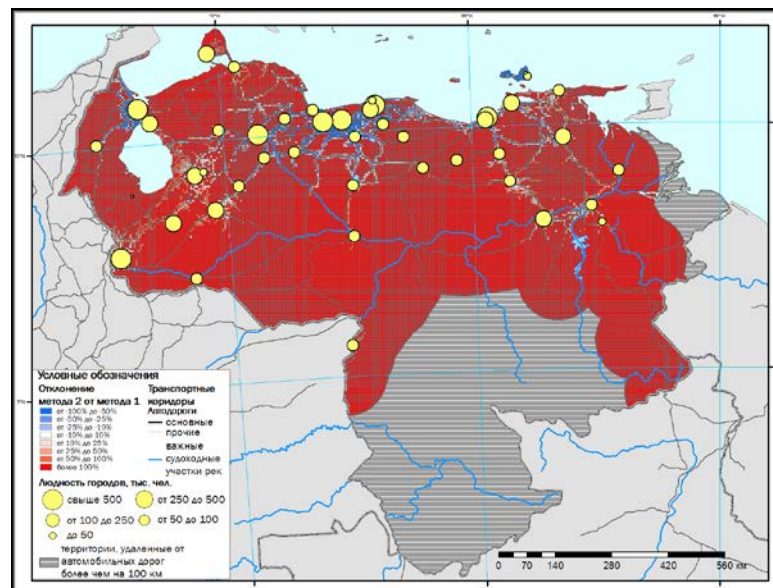


Рис. 36. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Венесуэлы методом потенциалов 1 и методом потенциалов 2. Составлено автором

Статистические показатели для выборок, сделанных на основе топологического метода и метода оценки пространственного разграничения, сильно отличаются от показателей для других методов. Для этих двух методов характерны относительно высокие средние (443 и 913 соответственно) и медианные (408 и 978) значения по массиву результатов, а показатели транспортной доступности обладают низкими значениями коэффициента вариации – 30% и 14% соответственно. Результаты остальных методов, напротив, отличаются высокой вариативностью. При этом присутствует значительная асимметрия: распределение по выборке имеет сдвиг в сторону небольших значений. Из-за этого большинство методов обладает низкими средними (метод потенциалов 1 – 14 из 1000, метод потенциалов 3 – 10 из 1000) и медианными значениями.

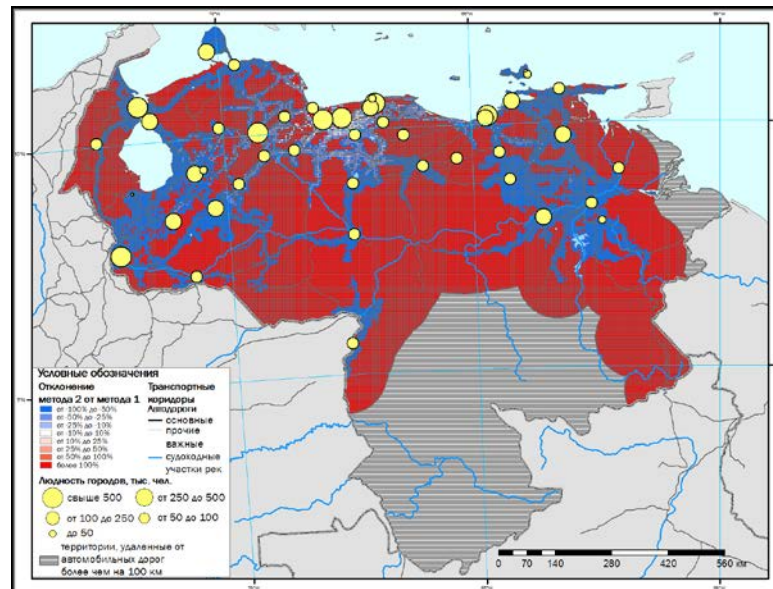


Рис. 37. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Венесуэлы методом изолиний и методом потенциалов 5. Составлено автором

Многие из рассмотренных методов не подходят для оценки транспортной доступности городов Венесуэлы в масштабе всей страны. Топологический метод нельзя использовать в связи с его несоответствием поставленным перед исследованием задачам. Метод оценки пространственного разграничения не позволяет в достаточной степени дифференцировать территорию страны: почти вся она обладает высокими значениями показателя. Методы потенциалов 1 и 3, наоборот, сильно занижают транспортную доступность. Метод изолиний может служить для оценки транспортной доступности ближайших от начального пункта городов без учета их людности. В случае необходимости включения этого показателя в расчет, к оптимальным вариантам можно отнести методы потенциалов 4 и 5.

Таблица 7

Корреляционный анализ результатов применения различных методов оценки транспортной доступности городов Венесуэлы

Наименование метода	Топологический метод	Метод оценки пространственного разграничения	Метод изолиний	Метод потенциалов 1	Метод потенциалов 2	Метод потенциалов 3	Метод потенциалов 4	Метод потенциалов 5
Топологический метод		0.15	0.08	0.04	0.18	0.00	0.08	0.09
Метод оценки пространственного разграничения	0.15		0.31	0.16	0.54	0.10	0.21	0.25
Метод изолиний	0.08	0.31		0.60	0.68	0.43	0.67	0.80
Метод потенциалов 1	0.04	0.16	0.60		0.50	0.92	0.87	0.87
Метод потенциалов 2	0.18	0.54	0.68	0.50		0.34	0.62	0.70
Метод потенциалов 3	0.00	0.10	0.43	0.92	0.34		0.69	0.66
Метод потенциалов 4	0.08	0.21	0.67	0.87	0.62	0.69		0.92
Метод потенциалов 5	0.09	0.25	0.80	0.87	0.70	0.66	0.92	

Составлено по расчетам автора

3.4. Оценка транспортной доступности городов Эквадора

Эквадор отнесен к типу стран с сильными территориальными диспропорциями развития транспортной сети и наибольшей ее плотностью на горных территориях. Наиболее важные автомобильные дороги находятся в центральной части страны, в зоне Андских Кордильер. Там же располагается большинство городов страны, рассматриваемых при оценке транспортной доступности. Отдельно можно выделить несколько групп городов на прибрежных территориях: Гуаякиль – Милагро, Манта – Хипихапа – Портовьехо, Эсмеральдас – Муисне.

Автомобильные дороги Эквадора образуют сеть, насчитывающую 21761 ребра и 16822 узлов. Ее наибольшая концентрация отмечается в центральной горной части страны, где сосредоточены многие города, в связи с чем транспортная доступность этой территории, рассчитанная топологическим методом, отличается высокими значениями (рис. 38). Минимальный уровень характерен для северо-востока страны, в котором отсутствуют включенные в исследование населенные пункты, но при этом существует развитая дорожная сеть. Невысокая транспортная доступность городов присуща также югу Эквадора.

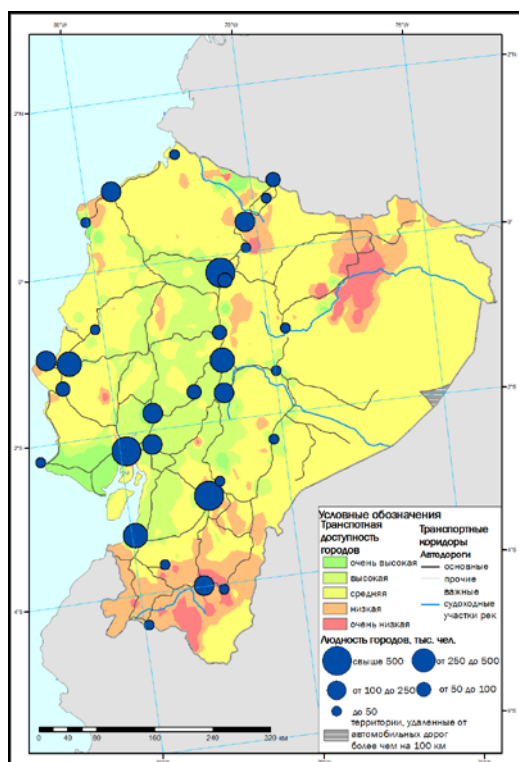


Рис. 38. Транспортная доступность городов Эквадора. Топологический метод.

Составлено автором

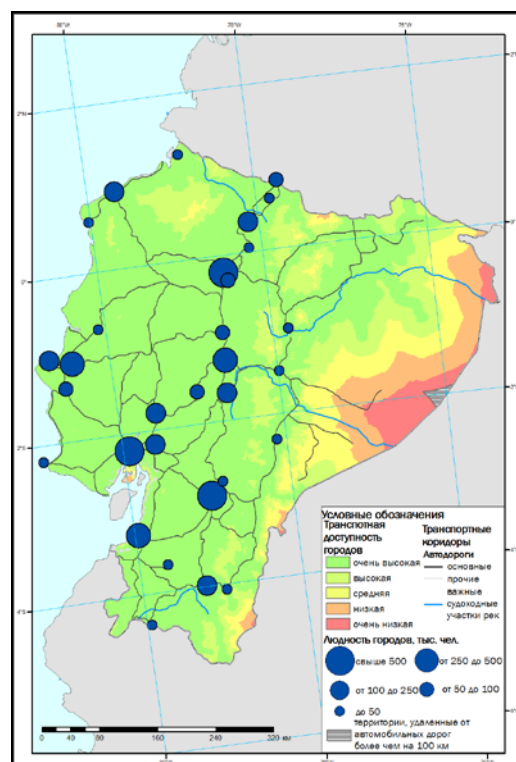


Рис. 39. Транспортная доступность городов Эквадора. Метод оценки пространственного разграничения.

Составлено автором

Метод оценки пространственного разграничения слабо дифференцирует территорию Эквадора по транспортной доступности: почти вся страна за исключением ее амазонской части имеет высокие показатели транспортной доступности городов (рис. 39).

Метод изолиний лучше дифференцирует территорию страны. На рис. 40 выделяются более низкие значения транспортной доступности на востоке страны и в высокогорной части Андской Кордильеры, имеющей слабую транспортную освоенность.

Методы потенциалов на примере городов Эквадора дают крайне неоднородные результаты. Первый (рис. 41) и третий (рис. 43) методы отражают низкую транспортную доступность территории страны за исключением районов Кито и Гуаякиля и соединяющих их транспортных магистралей.

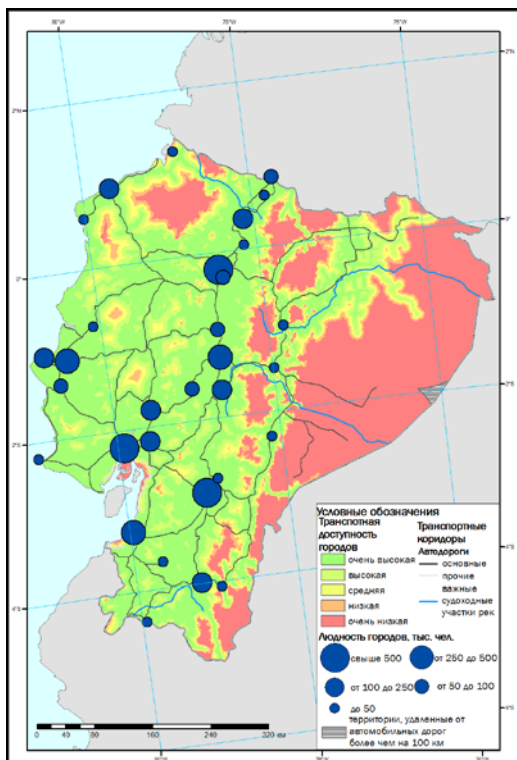


Рис. 40. Транспортная доступность городов Эквадора. Метод изолиний.

Составлено автором

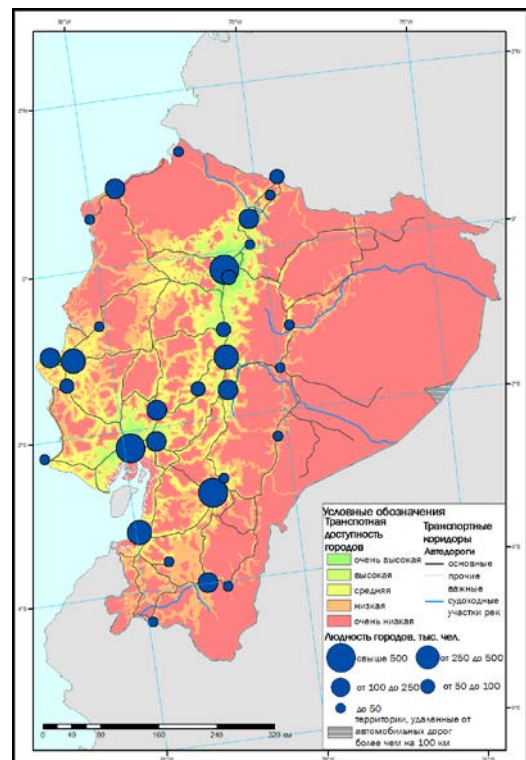


Рис. 41. Транспортная доступность городов Эквадора. Метод потенциалов

1. Составлено автором

Метод потенциалов 2 дает схожую с методом изолиний картину распределения транспортной доступности (рис. 42): высокий уровень на всей территории за исключением амазонского бассейна и высокогорной части к востоку от основной оси городов Тулькан – Ибарра – Кито – Амбато – Риобамба.

Карты, построенные с использованием четвертого (рис. 44) и пятого (рис. 45) методов потенциала, хорошо дифференцируют территорию Эквадора по транспортной доступности. На них явно прослеживается повышение значений показателя на территориях, прилегающих к двум крупнейшим городам страны – Кито и Гуаякилю, вдоль соединяющих их автомобильных дорог и расположенных на них городов.

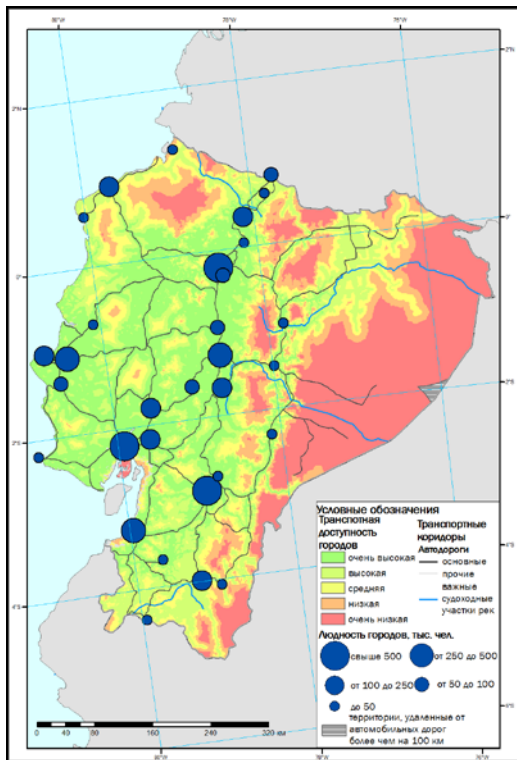


Рис. 42. Транспортная доступность городов Эквадора. Метод потенциалов
2. Составлено автором

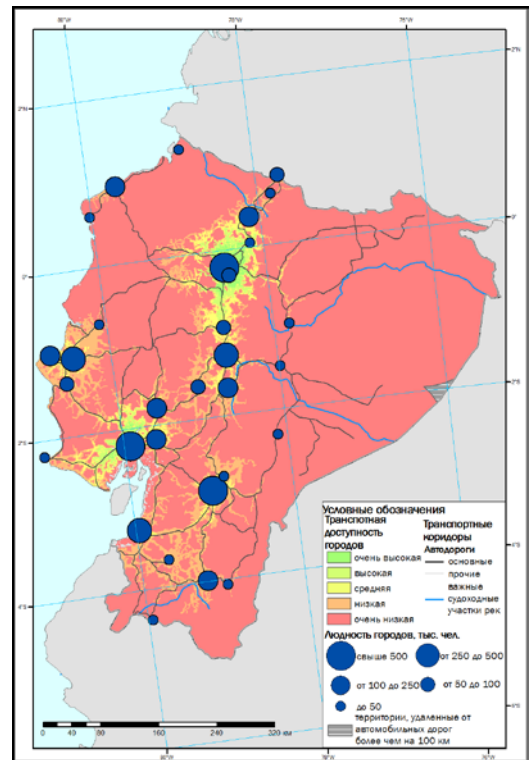


Рис. 43. Транспортная доступность городов Эквадора. Метод потенциалов
3. Составлено автором

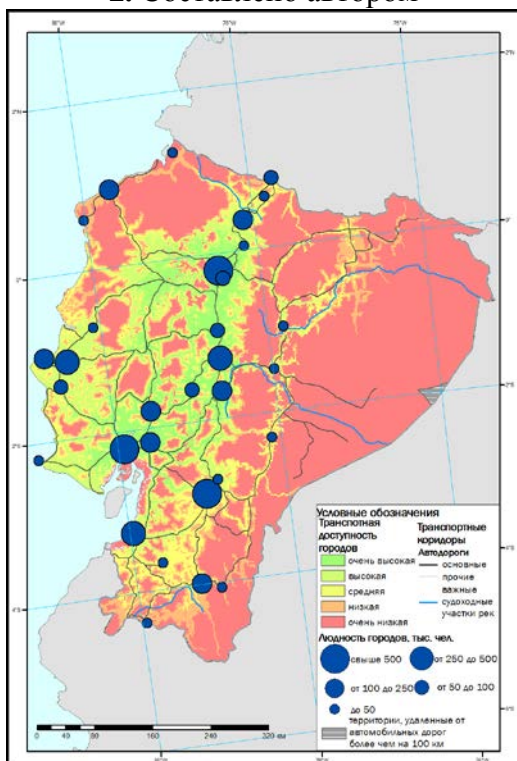


Рис. 44. Транспортная доступность городов Эквадора. Метод потенциалов
4. Составлено автором

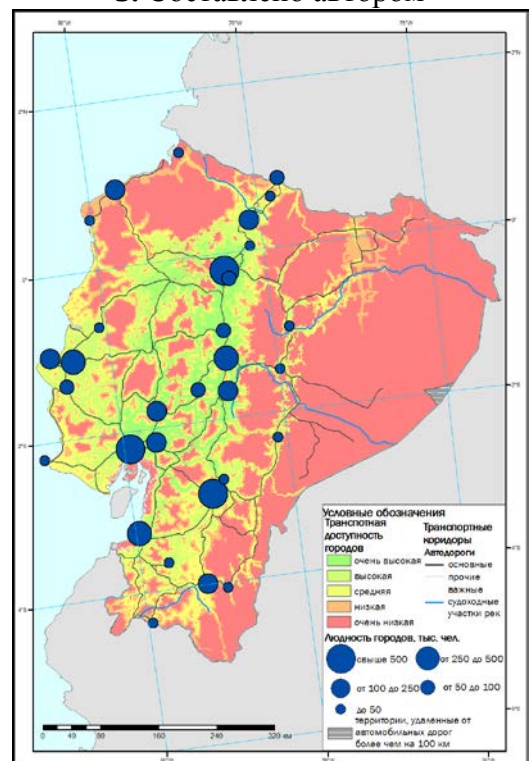


Рис. 45. Транспортная доступность городов Эквадора. Метод потенциалов
5. Составлено автором

Построенные карты отражают диспропорции в территориальном развитии транспортной сети различных районов страны. Доступность городов в центральной горной части Эквадора наивысшая. На прибрежных территориях она, в целом, ниже и обладает локальным

максимумом в районе городов Хипихапа, Манта и Портовьехо. Восточная часть страны имеет низкий уровень транспортной доступности городов.

Пятый метод потенциалов (рис. 45) немного выравнивает диспропорции, связанные с сильными различиями между населением Кито, Гуаякиля и всех остальных городов страны. При небольшом снижении показателя доступности на территориях, примыкающих к двум крупнейшим городам Эквадора, его значение повышается в окрестностях Куэнки, Лохи, Хипихапы и Эсмеральдас.

Результаты пространственного наложения карт транспортной доступности городов Эквадора представлены на рис. 57-84 приложения. Карты, построенные с использованием топологического метода, имеют более высокие значения показателя для всей территории страны за исключением окрестностей городов Кито и Гуаякиль, где доступность ниже, чем при оценке с использованием других методов.

По сравнению с методом оценки пространственного разграничения, метод изолиний создает более контрастное распределение транспортной доступности городов (рис. 46): зоны с высокими значениями остаются без изменений, в то время как доступность для остальных территорий снижается.

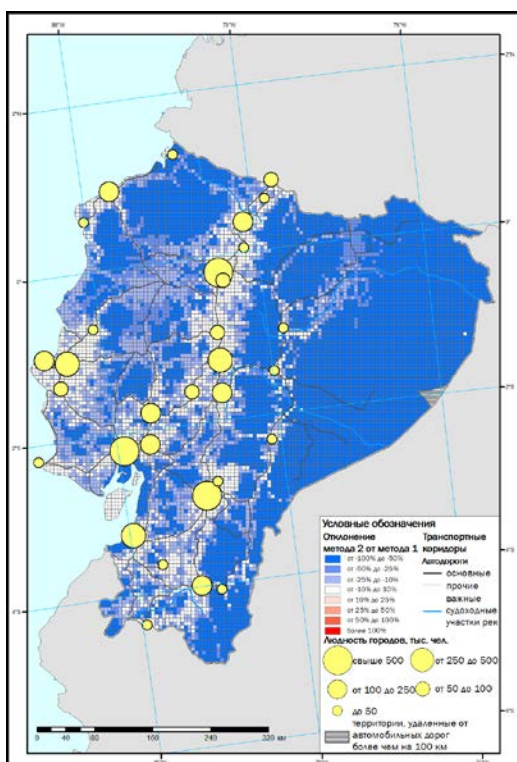


Рис. 46. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Эквадора методом оценки пространственного разграничения и методом изолиний. Составлено автором

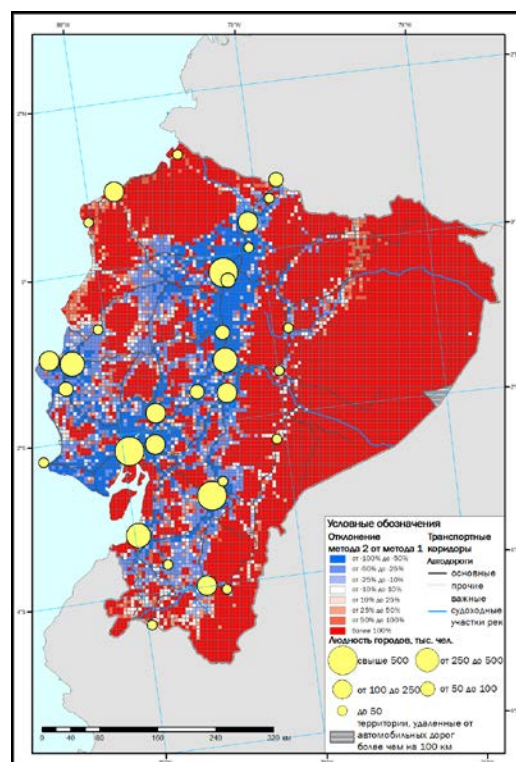


Рис. 47. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Эквадора методом потенциалов 1 и методом потенциалов 2. Составлено автором

При визуальном сравнении карт оценки транспортной доступности первым и вторым методами потенциалов (рис. 41 и 42) создается впечатление того, что восток страны характеризуется одинаково низкой доступностью, а районы, примыкающие к Кито и Гуаякилю – одинаково высокой. Остальные территории при расчете вторым методом имеют более высокие показатели доступности. Однако при пространственном наложении результатов (рис. 47) выясняется, что второй метод занижает транспортную доступность для территорий с высокими значениями показателя (районы Кито, Гуаякиля, Куэнки, Риобамбы и Хипихапы) и завышает для территорий с низкими значениями показателя (восток и северо-запад страны). Пятый метод потенциалов позволяет лучше дифференцировать территорию страны по транспортной доступности по сравнению с остальными подходами к ее измерению (рис. 48).

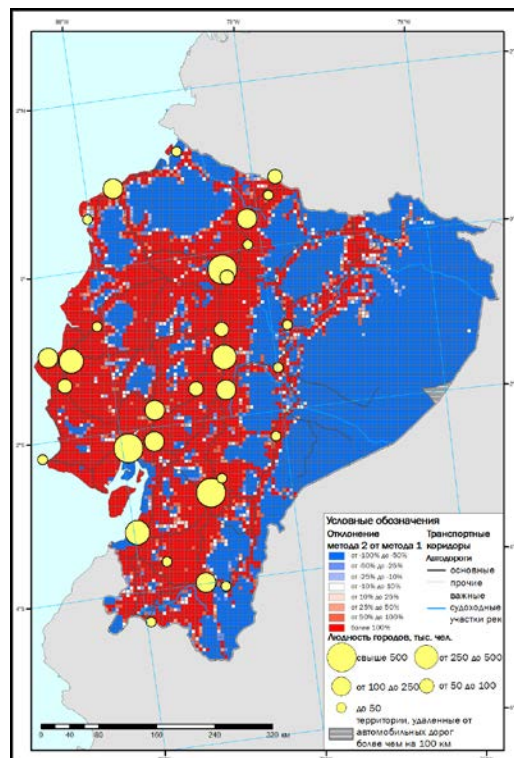


Рис. 48. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Эквадора методом потенциалов 2 и методом потенциалов 5.

Составлено автором

Выборки, содержащие результаты оценки транспортной доступности городов Эквадора различными методами, обладают более низкими значениями коэффициента корреляции, чем выборки для Уругвая. Данные топологического метода слабо коррелируют с данными остальных методов (табл. 8), в некоторых случаях даже отмечается отрицательная корреляция. Методы оценки пространственного разграничения и методы изолиний обладают значениями корреляции выше среднего как между собой (0,54), так и с методом потенциалов 2 (0,64 и 0,65 соответственно). Результаты методов потенциалов хорошо коррелируют между собой (особенно первый и третий методы – 0,90; четвертый и пятый методы – 0,96).

Результаты применения большинства методов оценки транспортной доступности городов Эквадора имеют асимметричную выборку в сторону низких значений (табл. 6). Исключением является метод оценки пространственного разграничения, для которого выборка имеет сильный сдвиг в сторону высокой доступности. Этот метод, как и топологический, характеризуется невысоким уровнем коэффициента вариации. Как и в случае Уругвая, выборка из результатов первого и третьего метода потенциалов имеет сильное смещение в направлении низких значений, средние значения составляют 42 и 21, а медиана – 14,4 и 0,8 соответственно (при условии нормирования показателей от 0 до 1000). Четвертый и пятый методы потенциалов, имеющие наибольшие значения коэффициента корреляции, по статистическим показателям имеют ряд различий. Результаты четвертого метода больше смещены в сторону низкой доступности: среднее значение метода потенциалов 4 равно 180, в то время как для метода потенциалов 5 оно составляет 275. При этом коэффициент вариации четвертого метода значительно выше: 123% и 81% соответственно.

Сравнение эффективности методов оценки транспортной доступности городов на примере Эквадора показала, что метод потенциалов 5 является наиболее подходящим для типа стран с сильными территориальными диспропорциями развития транспортной сети и наибольшей ее плотностью в горных районах. Он корректно отображает влияние рельефа на транспортную доступность, отличается высокими значениями коэффициента вариации, что делает возможным наглядное отображение дифференциации показателя по стране. Сниженное влияние людности городов на уровень доступности позволяет учитывать важность средних и малых городов для транспортной доступности территории в связи с трудностью перемещения по территории с сильнорасчлененным рельефом. Топологический метод не соответствует поставленным перед исследованием задачам. Метод оценки пространственного разграничения, метод изолиний и метод потенциалов 2 слабо дифференцируют территорию, завышая значения транспортной доступности, в то время как метод потенциалов 1 и метод потенциалов 3 подходят только для оценки транспортной доступности крупных городов на прилегающей к ней территории.

Таблица 8

Корреляционный анализ результатов применения различных методов оценки транспортной доступности городов Эквадора

Наименование метода	Топологический метод	Метод оценки пространственного разграничения	Метод изолиний	Метод потенциалов 1	Метод потенциалов 2	Метод потенциалов 3	Метод потенциалов 4	Метод потенциалов 5
Топологический метод		0,19	0,36	0,10	-0,04	0,06	0,12	0,09
Метод оценки пространственного разграничения	0,19		0,54	0,32	0,64	0,18	0,40	0,43
Метод изолиний	0,36	0,54		0,65	0,61	0,44	0,73	0,78
Метод потенциалов 1	0,10	0,32	0,65		0,61	0,90	0,85	0,86
Метод потенциалов 2	-0,04	0,64	0,61	0,61		0,37	0,75	0,79
Метод потенциалов 3	0,06	0,18	0,44	0,90	0,37		0,58	0,58
Метод потенциалов 4	0,12	0,40	0,73	0,85	0,75	0,58		0,96
Метод потенциалов 5	0,09	0,43	0,78	0,86	0,79	0,58	0,96	

Составлено по расчетам автора

3.5. Оценка транспортной доступности городов Боливии

Боливия относится к типу стран Южной Америки, не имеющих выхода к морю. Сеть автомобильных дорог покрывает территорию страны неоднородно: она разрежена в северной и восточной частях страны и обладает высокой плотностью на западе и юго-западе. Распределение городов по территории Боливии также неравномерно: большинство из них располагаются в юго-западной части страны. Три крупнейших города страны – Санта-Крус, Ла-Пас и Кочабамба – значительно превышают по людности остальные города.

Сеть автомобильных дорог Боливии насчитывает 12737 ребер и 9961 узла. Транспортная доступность при оценке топологическим методом (рис. 49) имеет высокие значения в юго-восточной части Боливии, где при наличии городов сеть автомобильных дорог разрежена, и юго-западной части страны, в которой сконцентрировано большинство городов, учтенных в исследовании. Северная часть Боливии обладает низкой транспортной доступностью при расчете этим методом. Район города Ла-Пас также имеет невысокие значения показателя.

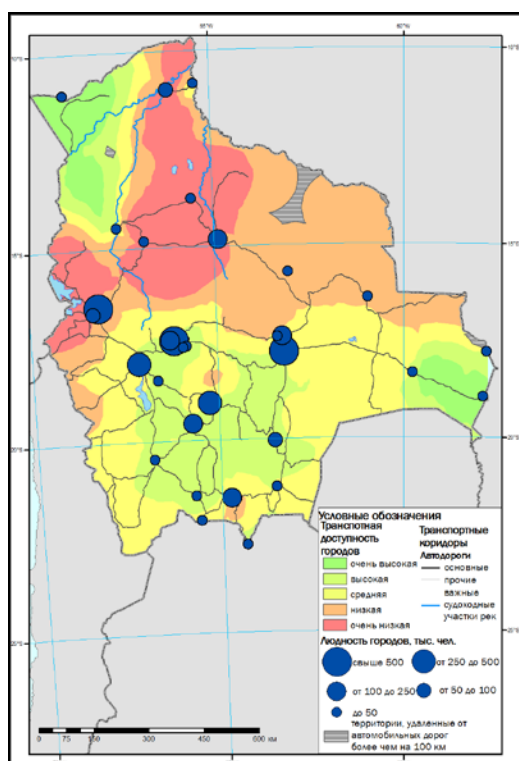


Рис. 49. Транспортная доступность городов Боливии. Топологический метод.

Составлено автором

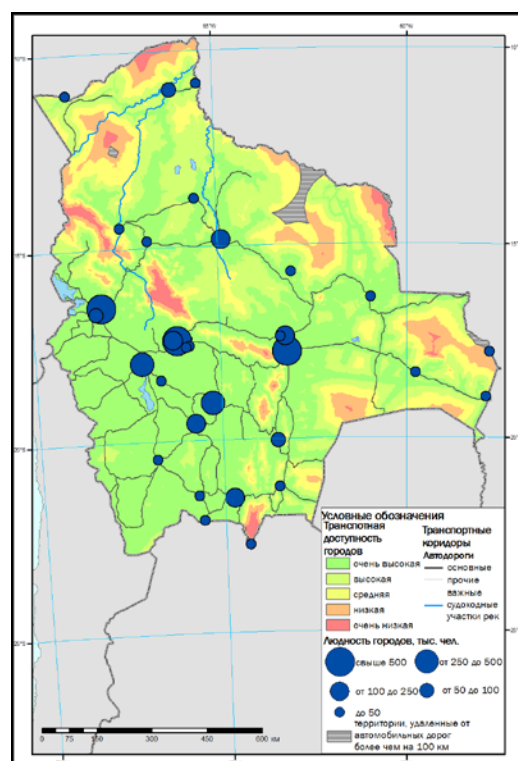


Рис. 50. Транспортная доступность городов Боливии. Метод оценки пространственного разграничения.

Составлено автором

Результаты применения метода оценки пространственного разграничения визуально слабо дифференцируются (рис. 50). Вся территория страны обладает высоким уровнем транспортной доступности городов за исключением отдельных

участков Андских Кордильер и территорий вдоль северной и восточной границ Боливии.

Метод изолиний позволяет более наглядно отобразить пространственную изменчивость транспортной доступности (рис. 51). Юго-запад страны, где сконцентрировано значительное количество городов и располагается основная часть автомобильной сети, обладает высоким уровнем показателя. Хорошая транспортная доступность характерна для территорий вокруг городов Санта-Крус, Монтеро, Тринидад и Сан-Игнасио, а также вдоль соединяющих их автомобильных дорог. Остальная часть Боливии обладает низким уровнем доступности.

Значение транспортной доступности при расчете с использованием первого и третьего методов потенциала снижается очень быстро при увеличении расстояния. В связи с этим на картах можно выделить только зоны повышенного значения показателя вокруг крупнейших городов страны – Ла-Паса, Санта-Круса и Кочабамбы, а вся остальная территория имеет низкие значения транспортной доступности городов (рис. 52 и 54). Как и в случае Эквадора, карты транспортной доступности городов Боливии, созданные с применением методов изолиний (рис. 51) и потенциала 2 (рис. 53) почти совпадают.

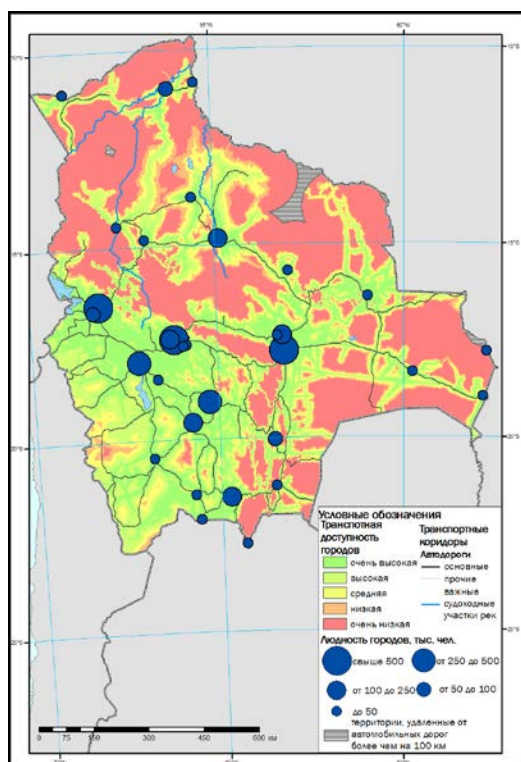


Рис. 51. Транспортная доступность городов Боливии. Метод изолиний.

Составлено автором

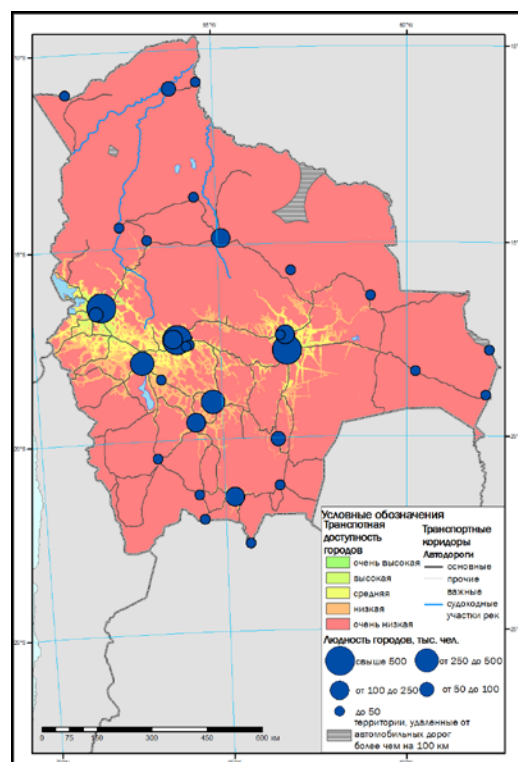


Рис. 52. Транспортная доступность городов Боливии. Метод потенциалов 1.

Составлено автором

На картах транспортной доступности городов Боливии, рассчитанной четвертым (рис. 55) и пятым (рис. 56) методом потенциалов, выделяются два ареала повышенных

значений показателя: территория, заключенная в треугольник городов Ла-Пас – Кочабамба – Оруро, с продолжением до городов Сукре и Потоси, а также окрестности крупнейшего по численности населения города страны – Санта-Круса.

Пятый метод потенциалов усиливает влияние средних и мелких городов на транспортную доступность (рис. 56). В случае Боливии это проявляется в увеличении показателя в окрестностях городов Тариха, Туписа, Уюни, Тринидад и Риберальта.

Результаты пространственного наложения карт транспортной доступности городов Боливии можно условно подразделить на четыре типа (рис. 85-112 приложения). В первый тип входит сравнение топологического с остальными методами расчета. Для него трудно выделить общие закономерности формирования различий между значениями показателя. Один из примеров карт таких наложений представлен на рис. 57. Ко второму типу относятся пары методов, в которых результаты одного из них превышают результаты другого на всей территории страны (рис. 58).

Третий тип включает пары методов, результаты которых различаются в одну сторону в окрестностях городов и в другую сторону на остальной территории. К нему относятся, в основном, пары, состоящие из различных методов потенциалов (рис. 59).

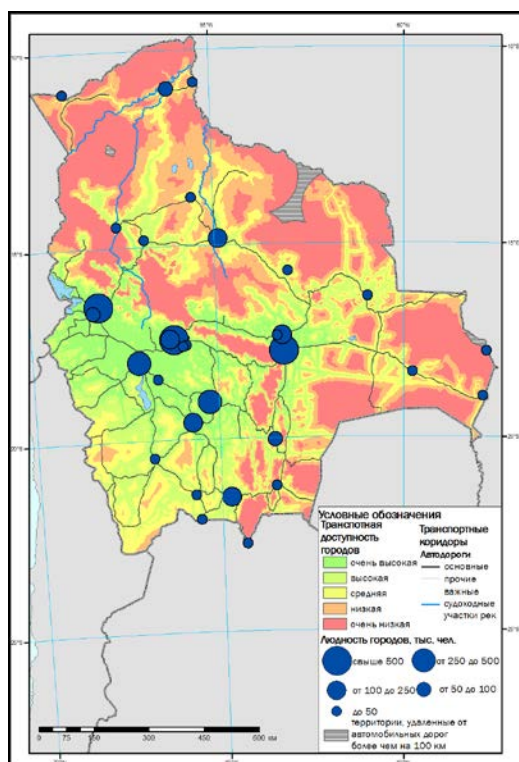


Рис. 53. Транспортная доступность городов Боливии. Метод потенциалов 2.
Составлено автором

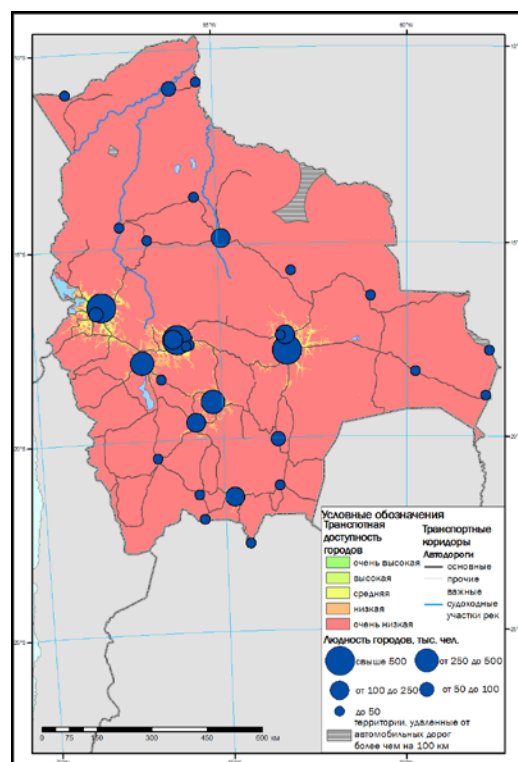


Рис. 54. Транспортная доступность городов Боливии. Метод потенциалов 3.
Составлено автором

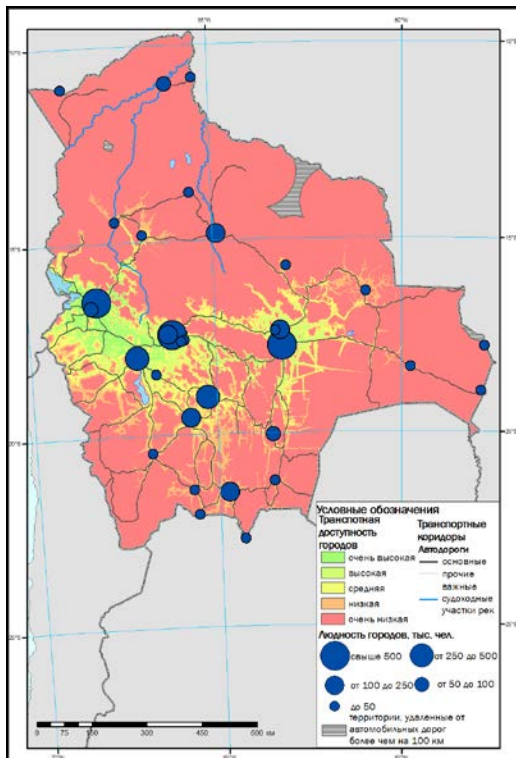


Рис. 55. Транспортная доступность городов Боливии. Метод потенциалов 4.
Составлено автором

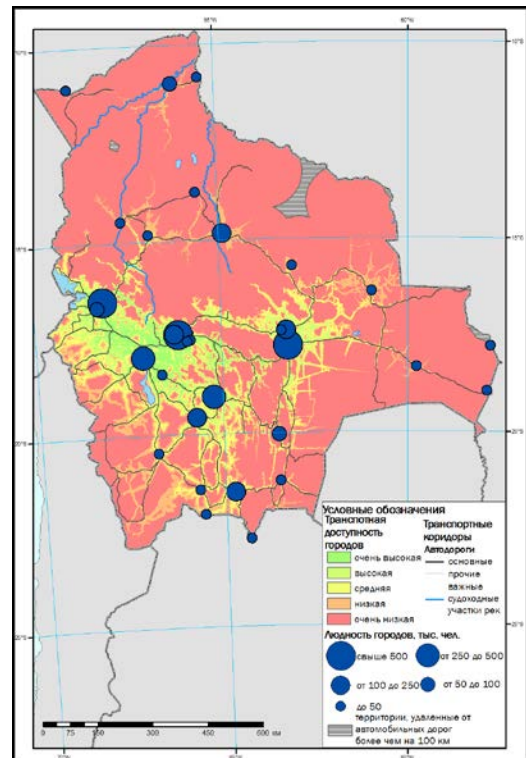


Рис. 56. Транспортная доступность городов Боливии. Метод потенциалов 5.
Составлено автором

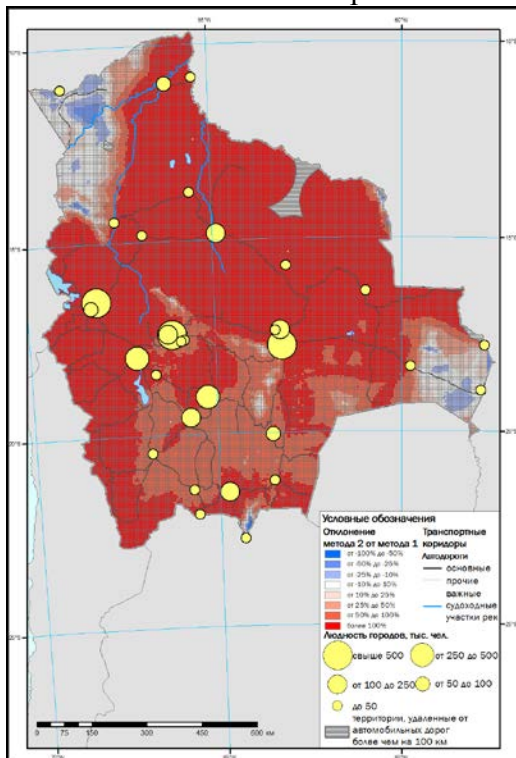


Рис. 57. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Боливии топологическим методом и методом оценки пространственного разграничения.
Составлено автором

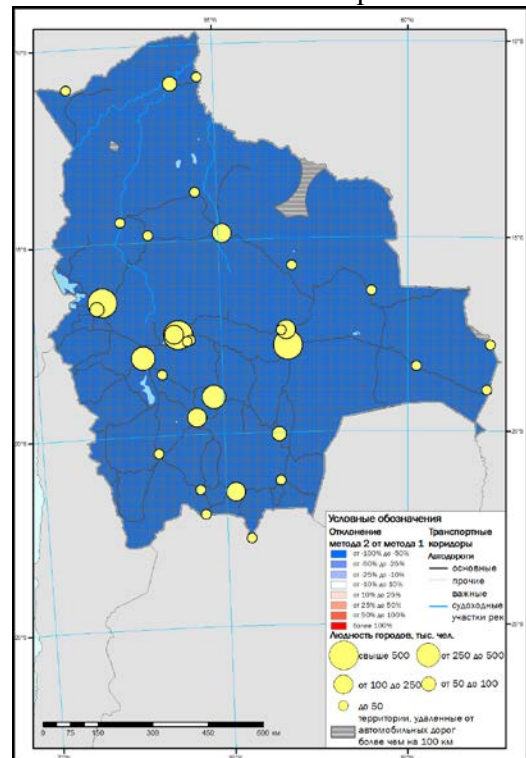


Рис. 58. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Боливии методом оценки пространственного разграничения и методом потенциалов 1.
Составлено автором

Четвертый тип наложения карт подразумевает отклонение показателей вдоль автомобильных дорог в одну сторону, а на территориях с низкой транспортной

освоенностью – в другую сторону. В этот тип, в частности, попадают некоторые пары сравнения методов потенциалов между собой (рис. 60) или с методом изолиний.

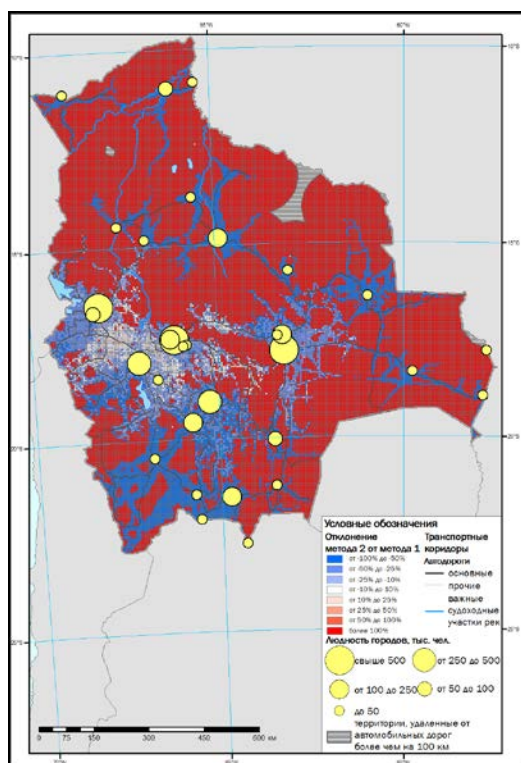


Рис. 59. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Боливии методом изолиний и методом потенциалов 5.

Составлено автором

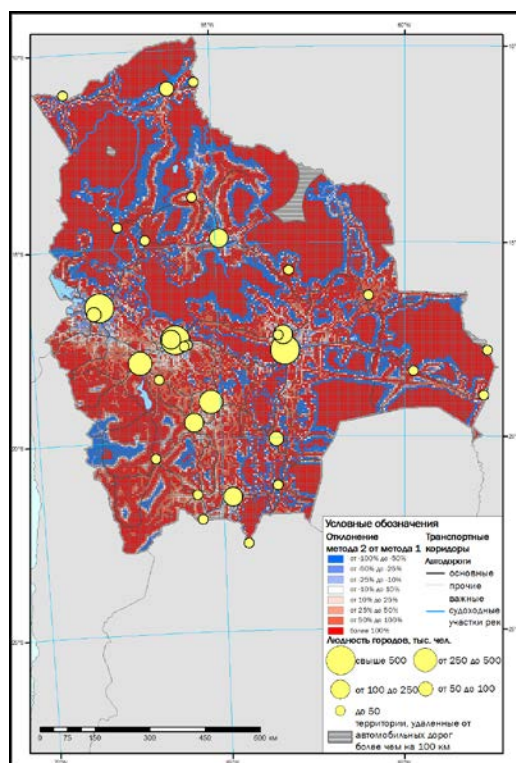


Рис. 60. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Боливии методом потенциалов 1 и методом потенциалов 4.

Составлено автором

В результате корреляционного анализа выборок результатов оценки транспортной доступности городов Боливии (табл. 9) установлено отсутствие корреляции между данными топологического метода, метода оценки пространственного разграничения и остальными методами. Метод изолиний хорошо коррелирует со всеми методами потенциалов, кроме третьего. Среди методов потенциалов можно выделить низкую корреляцию первого и второго метода (0,51), второго и третьего метода (0,30) и высокую корреляцию между первым и третьим методами (0,89), а также между четвертым и пятым методом (0,94).

Учитывая невысокий уровень развития транспортной сети Боливии, выборки результатов применения большинства методов имеют сильную асимметрию в сторону низких значений и высокий уровень вариации. Только метод оценки пространственных разграничений характеризуется однородностью полученных результатов и их расположением в верхней части диапазона сравнения (от 0 до 1000). Как и в случае рассмотренных ранее стран, выборка для первого и третьего методов потенциалов сильно сдвинута в направлении низкой транспортной доступности и характеризуется высокими значениями коэффициента вариации. Остальные методы потенциалов

обладают более высокими показателями среднего и медианы и большими размерами коэффициента вариации.

Проведенный анализ позволяет сделать заключение о том, что наиболее подходящим методом для оценки транспортной доступности городов Боливии является метод потенциалов 5. Он одновременно учитывает несколько факторов. Во-первых, низкое развитие транспортной сети страны отражается в асимметрии выборки в сторону низкой транспортной доступности. За счет высоких значений коэффициента вариации дифференциация территории по показателю достигает требуемого уровня. Метод учитывает нелинейную зависимость транспортной доступности от людности города, что важно при рассмотрении труднопроходимых территорий с сильнорасчлененными рельефом.

Таблица 9

Корреляционный анализ результатов применения различных методов оценки транспортной доступности городов Боливии

Наименование метода	Топологический метод	Метод оценки пространственного разграничения	Метод изолиний	Метод потенциалов 1	Метод потенциалов 2	Метод потенциалов 3	Метод потенциалов 4	Метод потенциалов 5
Топологический метод		-0,05	0,05	-0,04	-0,02	-0,04	-0,03	0,04
Метод оценки пространственного разграничения	-0,05		0,45	0,25	0,75	0,14	0,36	0,40
Метод изолиний	0,05	0,45		0,61	0,74	0,41	0,74	0,83
Метод потенциалов 1	-0,04	0,25	0,61		0,51	0,89	0,85	0,79
Метод потенциалов 2	-0,02	0,75	0,74	0,51		0,30	0,69	0,75
Метод потенциалов 3	-0,04	0,14	0,41	0,89	0,30		0,58	0,52
Метод потенциалов 4	-0,03	0,36	0,74	0,85	0,69	0,58		0,94
Метод потенциалов 5	0,04	0,40	0,83	0,79	0,75	0,52	0,94	

Составлено по расчетам автора

3.5. Оценка транспортной доступности городов Гайаны

Гайана относится к типу стран со слабым развитием транспортных систем. Сеть автомобильных дорог представлена несколькими дорогами, проходящими вдоль побережья к югу-востоку от устья реки Эссекибо, и дендрита, идущего вглубь территории страны. Все города, рассматриваемые в работе, располагаются на берегу Атлантического океана или недалеко от него.

Сеть автодорог Гайаны, использованная для анализа, состоит из 1365 ребер и 1307 узлов. В связи с расположением всех городов на побережье или недалеко от него, можно предположить, что транспортная доступность прибрежной зоны должна быть максимальной для страны. Однако на карте, показывающей результаты применения топологического метода, мы видим иную картину (рис. 61). В связи с наличием большого количества пересечений автодорог, наименьшая транспортная доступность характерна как раз для прибрежной полосы между городами Джорджтаун и Корривертон.

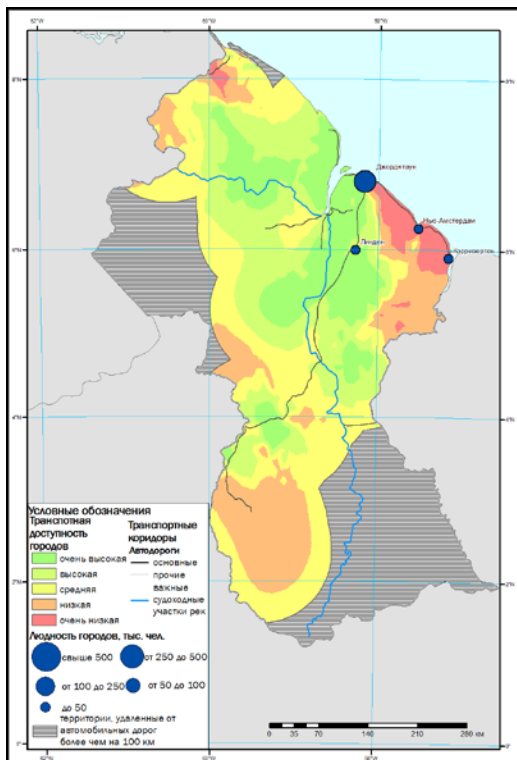


Рис. 61. Транспортная доступность городов Гайаны. Топологический метод.

Составлено автором

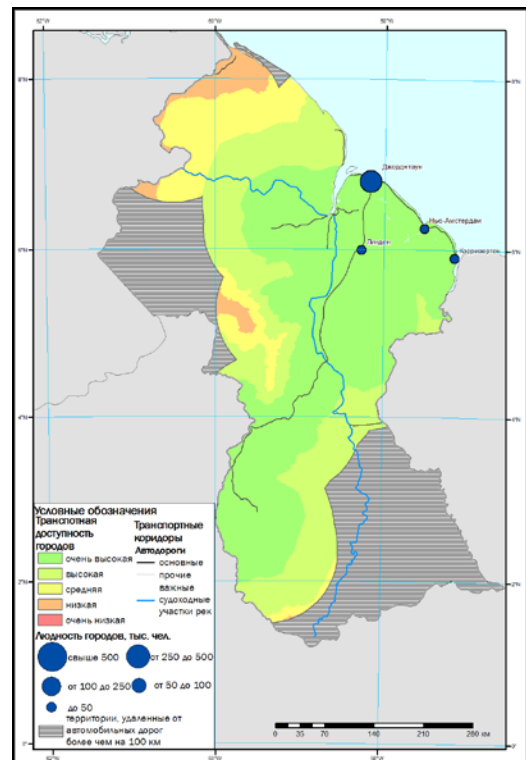


Рис. 62. Транспортная доступность городов Гайаны. Метод оценки пространственного разграничения.

Составлено автором

Метод оценки пространственного разграничения не позволяет четко дифференцировать территорию страны по транспортной доступности городов. Почти вся Гайана обладает высокими значениями показателя (рис. 62). Ареал повышенной транспортной доступности согласно методам изолиний и потенциала 2 почти полностью повторяет эксплуатируемую дорожную сеть страны (рис. 63 и 65). На карте транспортной доступности, рассчитанной методом потенциалов 1 (рис. 64) и методом потенциалов 3 (рис. 66), территория почти не

дифференцируется по показателю. На картах едва заметна тонкая полоса повышенной доступности вдоль побережья и автодороги Джорджтаун – Линден.

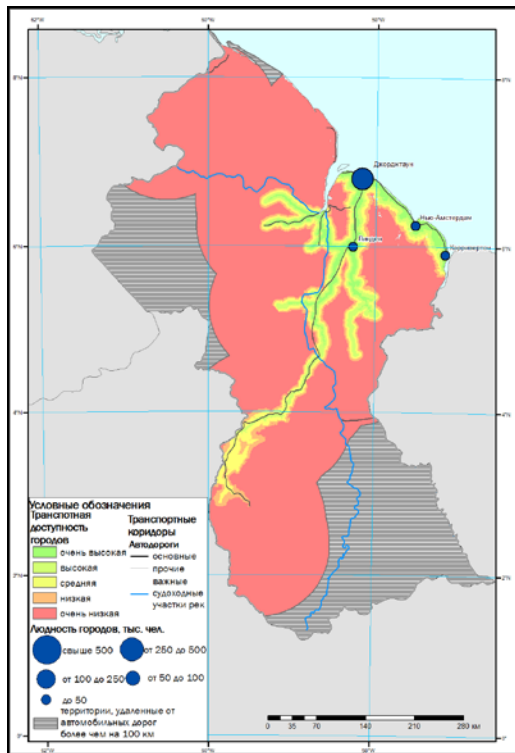


Рис. 63. Транспортная доступность городов Гайаны. Метод изолиний.
Составлено автором

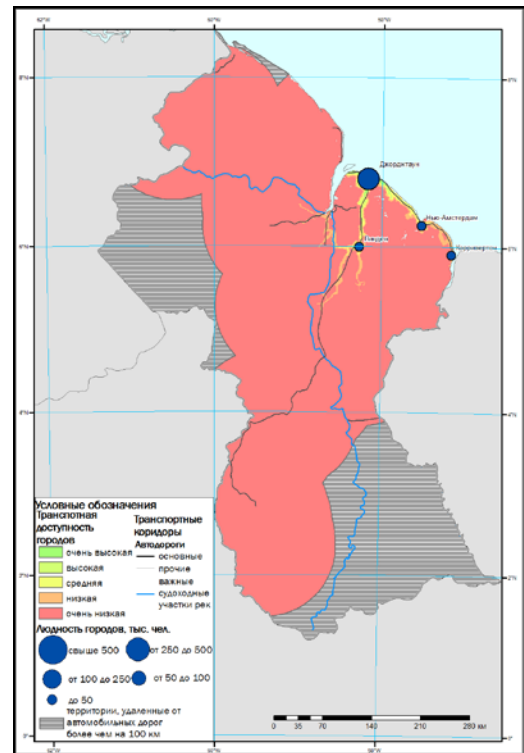


Рис. 64. Транспортная доступность городов Гайаны. Метод потенциалов 1.
Составлено автором

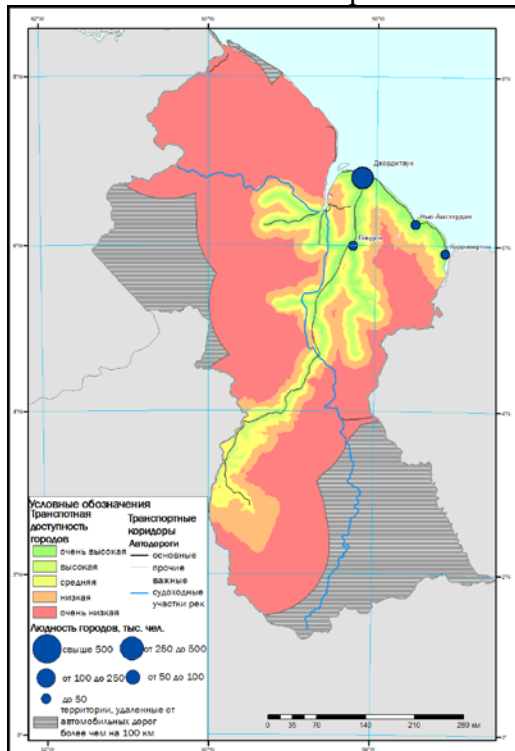


Рис. 65. Транспортная доступность городов Гайаны. Метод потенциалов 2.
Составлено автором

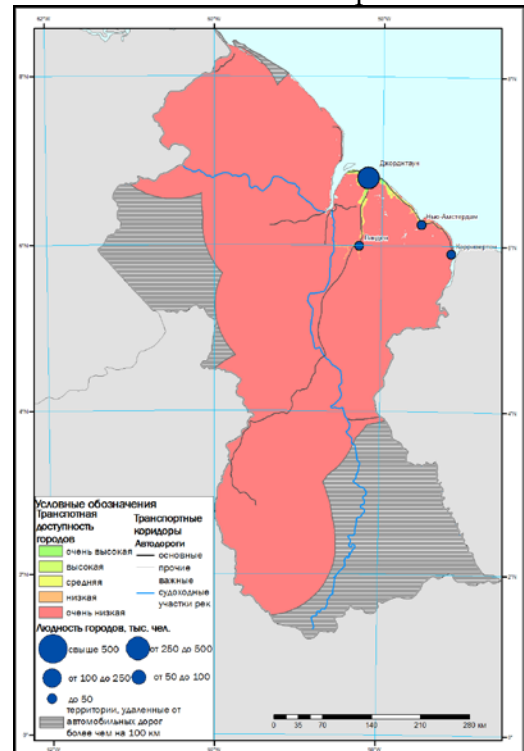


Рис. 66. Транспортная доступность городов Гайаны. Метод потенциалов 3.
Составлено автором

Карты, построенные с использованием методов потенциала 4 (рис. 67) и 5 (рис. 68) почти идентичны. На них выделяется зона высокой транспортной доступности городов на побережье

вдоль автодороги, связывающей Джорджтаун с Корривертоном через Нью-Амстердам, и автодороги, идущей из Джорджтауна в Линден. Из него на юг и запад протягиваются дендриты повышенной транспортной доступности длиной около 150 км.

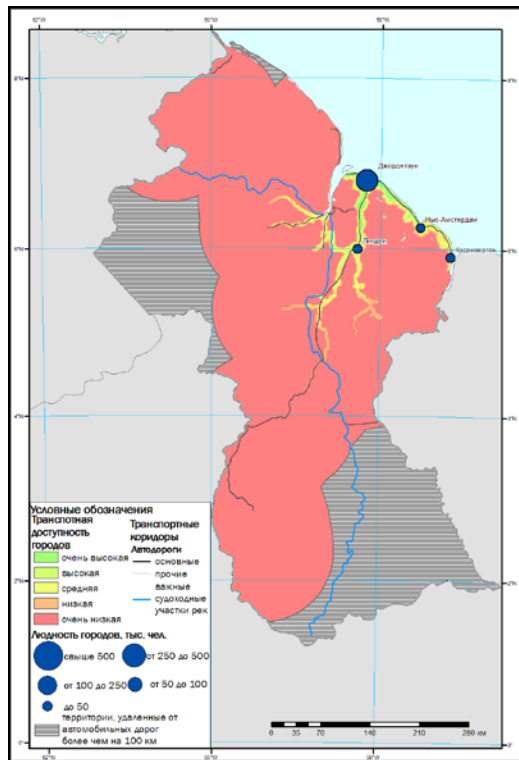


Рис. 67. Транспортная доступность городов Боливии. Метод потенциалов 4.
Составлено автором

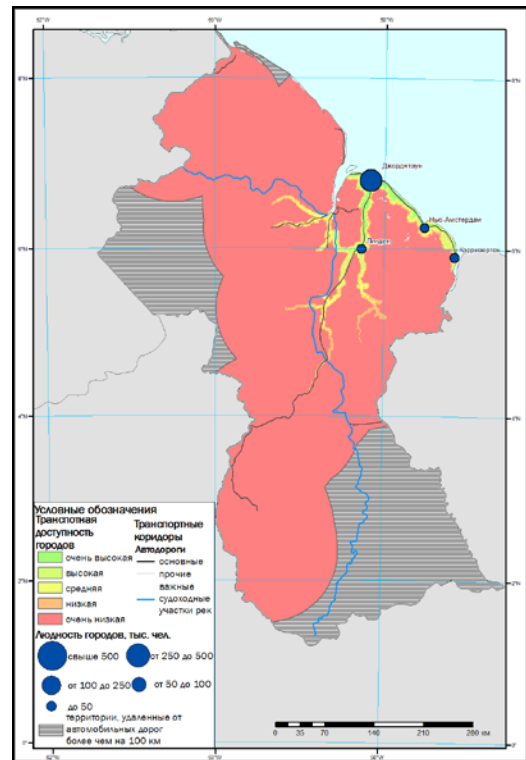


Рис. 68. Транспортная доступность городов Боливии. Метод потенциалов 5.
Составлено автором

При наложении карт транспортной доступности городов Гайаны, рассчитанной различными методами, возникает два вида различий: на удаленных от транспортной сети и городов территориях и вдоль автодорог Корривертон – Джорджтаун и Джорджтаун – Линден. Первый тип интересует нас мало в связи с очевидностью низких показателей транспортной доступности этой территории. Показатель транспортной доступности городов на освоенной части страны выше на картах, построенных с учетом методов изолиний и потенциала 5.

При наложении результатов оценки четвертым и пятым методами потенциалов получается интересная картина (рис. 69). Транспортная доступность почти всей территории выше при оценке пятым методом. Показатель для небольшой зоны вдоль основных автодорог страны одинаков для двух моделей. Одновременно с этим вокруг нее есть узкая полоса, в которой транспортная доступность, оцененная пятым методом потенциала, ниже аналогичного показателя для четвертого метода. Как мы уже отмечали ранее, метод потенциалов 5 немного сглаживает различия во влиянии на доступность крупных и мелких городов. Таким образом, размер зоны влияния Джорджтауна снижается при одновременном увеличении значимости других городов, за счет чего на определенном небольшом расстоянии от автодорог происходит взаимная компенсация, однако на большем отдалении снижение доступности за счет

Джорджтауна становится преобладающим и формируется полоса синего цвета (рис. 69). Карты наложений результатов оценки транспортной доступности городов Гайаны различными методами приведены на рис. 113-140 приложения.

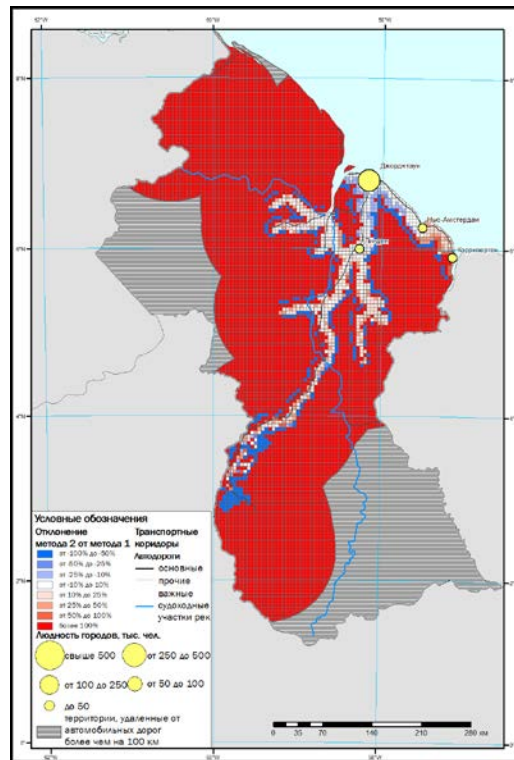


Рис. 69. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Гайаны, рассчитанной методом потенциалов 4 и методом потенциалов 5. Составлено автором

По результатам корреляционного анализа выборок результатов различных методов установлено низкое значение корреляции между топологическим методом, методом оценки пространственного разграничения и всеми остальными методами (табл. 10). Эти различия уже были отмечены нами при анализе карт. Результаты метода изолиний хорошо коррелируют с результатами методов потенциала 4 и 5. Высокие значения коэффициента корреляции отмечаются для методов потенциала 1 и 3 (0,97). Четвертый и пятый методы потенциалов коррелируют полностью (коэффициент корреляции равен 1).

По основным статистическим показателям выборки результатов, как и при корреляционном анализе, выделяются топологический метод и метод оценки пространственного разграничения. Они имеют высокое среднее и медианное значение и низкий уровень коэффициента вариации (27 и 30% соответственно). Выборки, полученные по результатам применения всех остальных методов, отличаются сильной асимметрией в сторону низких значений доступности и высокой вариативностью.

Для оценки транспортной доступности городов Гайаны возможно использование многих из рассмотренных методов. В случае необходимости учета плавного снижения показателей при

увеличении расстояния от городов можно использовать метод изолиний или метод потенциалов

2. Если выбирается более резкий характер изменения транспортной доступности, то лучше подходят методы потенциалов 4 и 5.

Таблица 10

Корреляционный анализ результатов применения различных методов оценки транспортной доступности городов Гайаны

Наименование метода	Топологический метод	Метод оценки пространственного разграничения	Метод изолиний	Метод потенциалов 1	Метод потенциалов 2	Метод потенциалов 3	Метод потенциалов 4	Метод потенциалов 5
Топологический метод		0,24	0,05	-0,02	0,12	-0,01	-0,02	-0,03
Метод оценки пространственного разграничения	0,24		0,22	0,13	0,52	0,10	0,20	0,21
Метод изолиний	0,05	0,22		0,68	0,62	0,56	0,87	0,88
Метод потенциалов 1	-0,02	0,13	0,68		0,49	0,97	0,86	0,85
Метод потенциалов 2	0,12	0,52	0,62	0,49		0,38	0,68	0,69
Метод потенциалов 3	-0,01	0,10	0,56	0,97	0,38		0,73	0,72
Метод потенциалов 4	-0,02	0,20	0,87	0,86	0,68	0,73		1,00
Метод потенциалов 5	-0,03	0,21	0,88	0,85	0,69	0,72	1,00	

Составлено по расчетам автора

3.6. Результаты сравнения методов оценки транспортной доступности городов

По результатам проведенного в этой главе сравнения различных методов оценки транспортной доступности городов на примере пяти стран региона, обладающих различными природными, социально-экономическими характеристиками и особенностями развития транспортных систем, можно сделать следующие выводы.

1. Все рассмотренные методы являются нетребовательными к исходной информации. Их можно применять в условиях ограниченной статистической информации о стране: достаточно лишь обладать информацией о размещении в пространстве городов и сети автомобильных дорог, иметь сведения о людности населенных пунктов. Эти данные можно получить почти для всех регионов и стран.

2. Возможность использования многих методов зависит от масштабов исследования. На примере небольших стран и их частей допустимо применение значительно более широкого круга методов оценки транспортной доступности из рассмотренных нами. Например, в случае небольшого по площади Уругвая, пространственная дифференциация территории страны по показателю в различной степени присутствует при применении всех групп методов. В то же время, оценка транспортной доступности Венесуэлы методами пространственного разграничения и потенциалов 1 и 3 невозможна в связи с низкой вариативностью результирующего показателя.

3. Значения показателей большинства методов оценки транспортной доступности, в которой используется мера преодоления пространства, отличная от расстояния (время в пути, издержки и др.), зависят от расчлененности рельефа страны. Чем она выше, тем быстрее снижается значение показателя при отдалении от начальных точек (в нашем случае – городов). Влиять на это снижение можно применением различных функций меры преодоления расстояния. При этом необходимо найти равновесие между необходимым уровнем дифференциации территории по транспортной доступности и недопущением его отклонения от возможных в реальной жизни значений.

4. Существует зависимость между транспортной доступностью и густотой транспортной сети. Она аналогична рассмотренной в предыдущем пункте связи показателя с расчлененностью рельефа. Исследователю важно найти равновесие между подходящей для исследования вариативностью показателя по территории и потенциально возможным потенциалом «передачи» транспортной доступности по автомобильным дорогам.

5. Топологический метод оценки транспортной доступности обладает очень специфической сферой применения: он может использоваться только в исследованиях транспортной сети и ее особенностей. В связи с отсутствием учета расстояния между точками,

при его применении в общих работах по оценке транспортной доступности получаются противоречивые результаты, которые порой являются обратными по отношению к расчетам другими методами.

6. Метод оценки пространственного разграничения не учитывает людность населенных пунктов. Из рассмотренных пяти стран результаты его применения могут быть подвергнуты подробному анализу только на примере Уругвая, т.е. небольшой по площади страны с густой дорожной сетью, равномерно распространенной по территории. В остальных случаях он дает завышенные показатели доступности городов с очень низкой вариативностью. Показатели среднего и медианы по выборке имеют высокие значения. Данные, полученные при применении метода, не коррелирует с результатами других методов.

7. Метод изолиний хорошо выполняет свою функцию, если необходимо оценить транспортную доступность ближайших к начальному пункту населенных пунктов. Их людность при этом значения не имеет. Результаты применения метода часто имеют аналогичное с результатами метода потенциалов 2 пространственное распространение. Это объясняется использованием в последней функции меры преодоления расстояния, определяющей плавное снижение показателя транспортной доступности с увеличением расстояния.

8. Методы потенциалов 1 и 3 не подходят для исследований на уровне стран и регионов в связи с очень быстрым падением значений транспортной доступности при увеличении меры преодоления расстояния. Поэтому для них характерны высокая асимметрия распределения выборки результатов и сильный его сдвиг в сторону низких значений. Они могут успешно применяться для крупномасштабных исследований, например, для оценки транспортной доступности объектов в пределах города или городской агломерации.

9. Метод потенциалов 2 не справляется с возлагаемой на него задачей дифференциации территории по транспортной доступности городов в зависимости от их людности. В связи с плавным снижением значений функции меры преодоления пространства ареалы даже небольших городов имеют большое пространственное распространение, что не позволяет приблизиться к реально существующему распределению транспортной доступности.

10. Методы потенциалов 4 и 5 лучше всего подходят для проведения исследования транспортной доступности городов с учетом их людности. Это достигается за счет использования функции меры преодоления расстояния, снижающейся на небольшом расстоянии от конечных пунктов плавно, а затем – более резко. Коэффициенты вариаций для выборок результатов применения этих функций довольно высоки, но не настолько, чтобы нельзя было осуществить их градацию и группировку. Эти методы различаются между собой степенью влияния людности городов на показатель доступности. Метод потенциалов 4 подразумевает прямую зависимость между ними, в то время как метод потенциалов 5 немного

сглаживает различия. Этим определяется возможная область их применения. Метод потенциалов 4 с успехом может использоваться в исследованиях небольших территорий с явным доминированием одного крупного города. Роль остальных городов территории в транспортной доступности должны быть значительно меньше. Другая ситуация складывается при анализе больших по площади территорий, в которых нет столь ярко выраженного доминирования одного крупного города. В связи с большим расстоянием между населенными пунктами и возможными сложностями при его преодолении, роль средних и мелких городов может быть выше, чем получаемая при учете прямой зависимости между транспортной доступностью и людностью. В этом случае необходимо применять метод потенциалов 5.

Наиболее подходящими из рассмотренных в этой главе методов оценки транспортной доступности городов для территории Южной Америки являются метод потенциалов 5 и метод изолиний. Они соответствуют двум разным потенциальным задачам исследования. Метод потенциалов 5 может быть использован для интегральной оценки транспортной доступности всех городов территории из заданных точек с учетом их весов. Он характеризует сложившуюся систему городского расселения и особенности развития транспорта. Метод изолиний подходит для анализа близости к выбранной начальной точке любого из городов и трудности его достижения из нее. Этот метод характеризует охват территории населенными пунктами и степень связности пунктов на ней с ближайшими городами.

В следующей главе мы применим метод потенциалов 5 и метод изолиний для оценки транспортной доступности городов на всей территории Южной Америки и проанализируем полученные результаты.

Глава 4. Анализ транспортной доступности городов Южной Америки

В заключительной главе нашего исследования проводится анализ транспортной доступности городов Южной Америки. Она оценивается двумя методами, отобранными в предыдущей главе в качестве наиболее подходящих для экономико-географического исследования при масштабе на уровне стран и регионов.

В начале главы дается подробное описание методики расчета выбранными методами, обозначается сфера их применения и общая характеристика. В соответствии с полученными результатами выделяется несколько типов пространственных структур по показателю транспортной доступности городов. В конце главы дается типология стран региона по пространственному распределению значений показателя.

4.1. Характеристика используемых методов оценки транспортной доступности городов

4.1.1. Исходные данные

Статистические данные по экономике, населению и транспорту стран Латинской Америки отличаются по объемам предоставляемой информации, качеству и регулярности публикации. Некоторые статистические ведомства (например, Бразилии и Чили) публикуют материалы, подходящие для достаточно многосторонней и подробной оценки транспортной доступности. Однако есть страны (Гайана, Суринам, Парагвай и др.), статистическая информация по которым позволяет провести только общий анализ, пользуясь небольшим количеством показателей при расчетах.

В связи с тем, что одной из целей нашего исследования был подбор метода, подходящего для оценки транспортной доступности городов в условиях ограниченного объема статистической информации о территории изучения, при расчетах в этой главе использованы легкодоступные для любой страны мира показатели.

1. *Сеть автомобильных дорог*, использованная в исследовании транспортной доступности, включает более 3 млн элементов. В отличие от расчетов при сравнении эффективности методов, в этой главе учитываются все автомобильные дороги, включая внутригородские. Сеть построена на основе космических снимков, электронных карт и национальных атласов автодорог. Автомобильные дороги делятся на основные типы: автомагистрали, дороги 1-го класса, дороги 2-го класса, дороги 3-го класса, внутригородские дороги, проселочные дороги и др. Каждому из типов присвоена определенная средняя скорость движения. По возможности использовались статистические данные по этому показателю. В случае их отсутствия для дорог высоких классов скорость принималась равной максимально допустимой местным законодательством для соответствующего типа. Для дорог более низких

классов бралась доля от этого показателя. Она определялась экспертным путем при изучении фотографий и видеозаписей с изображением оцениваемых автодорог. При наличии на территории уклонов более 15% к средней скорости движения по автомобильной дороге применялся понижающий коэффициент.

2. Растр типов растительности построен на основании космических снимков системы Landsat. Их разрешение составляет 1 км. В регионе выделено более 120 типов растительности. Они используются для отображения сопротивления пространства при отдалении от автомобильных дорог. Каждому из них присваивается условное значение средней скорости движения в зависимости от степени проходимости. Отдельно в растр включаются судоходные участки рек, озер и каналов.

3. Города. Для проведения оценки транспортной доступности отобрано 845 южноамериканских городов и населенных пунктов с людностью более 10 000 чел. Каждому из них присвоены две характеристики: местоположение и людность. Местоположение определялось на основании электронных карт. Показатель людности учитывался в соответствии с результатами последней проведенной в каждой из стран переписи населения.

4. Пограничные переходы. В геоинформационную систему внесены местоположения всех пересечений автомобильными дорогами государственных границ между странами. Эта информация получена из электронных карт, а также из публикаций таможенных и миграционных ведомств стран региона. По основным пунктам пересечения государственной границы в работе использована информация о среднем времени ожидания [26].

4.1.2. Общие этапы расчета

Метод изолиний и метод потенциалов имеют аналогичные начальные пункты, в которых оценивается доступность городов региона. В качестве них выбраны квадратные ячейки со стороной 1 км. Вся территория Южной Америки в программной оболочке ESRI ArcGIS была разбита более чем на 17 млн ячеек. Для каждой из них производилась оценка транспортной доступности.

Учет изменения меры преодоления расстояния производился через растровую поверхность, заполняющую всю территорию континента. Размеры каждого ее элемента, по аналогии с сеткой начальных ячеек, составляют 1 км × 1 км. Каждая из них обладает собственной характеристикой сложности ее преодоления, выраженной во времени (в мин.), необходимом для пересечения ячейки с одного конца до другого.

Поверхность меры преодоления расстояния строилась в несколько этапов:

1. Построение растра времени преодоления территорий с различной растительностью. Условное значение средней скорости переведено во время, необходимое для пересечения одной ячейки. Затем в ESRI ArcGIS осуществлена функция реклассификации и пространственного

соответствия ячеек исходного раstra типов растительности (атрибут – тип растительности) и результирующего раstra времени их преодоления (атрибут – время пересечения одной ячейки в минутах).

2. Построение раstra времени преодоления участков автомобильных дорог. Сеть автомобильных дорог представляет собой линейный векторный объект. Каждому ее элементу соответствует атрибут средней скорости движения, который преобразуется во время перемещения на 1 км (в мин.). Этот векторный объект с указанным атрибутом преобразуется в растровую поверхность с разрешением 1 км. В случае прохождения автомобильной дороги через ячейку поверхности, ей присваивается значение атрибута соответствующего участка. Элементам раstra, в которых отсутствуют объекты автодорожной сети, присваивается нулевое значение.

3. Пространственное наложение раstra времени преодоления участков автомобильных дорог на растр времени преодоления типов растительности. При наложении применяется следующее правило. Ячейки раstra времени преодоления участков автомобильных дорог с положительным значением атрибута передают его в соответствующие ячейки результирующего раstra. В противном случае учитывается атрибут раstra времени преодоления типов растительности.

4. Построение раstra государственных границ. Линейный объект, содержащий информацию о прохождении государственных границ стран Южной Америки, преобразуется в растровую поверхность. Если ее ячейку (также размером 1 км × 1 км) пересекает государственная граница, то в качестве атрибута присваивается число большой размерности. За счет этого создается эффект барьерности государственных границ. Всем остальным ячейкам определяется нулевое значение атрибута.

5. Пространственное наложение раstra из п. 3 и раstra государственных границ. В ячейки результирующего раstra попадают значения ячеек раstra государственных границ, имеющие положительный атрибут. В противном случае – значения ячеек раstra из п. 3.

6. Построение раstra пограничных переходов. Точечный векторный объект, содержащий местоположения всех пунктов пересечения государственных границ, атрибут которого выражает среднее время прохождения пограничного контроля, преобразуется в растровую поверхность. Ячейкам, которым соответствуют места нахождения переходов, присваивается их атрибут, остальным – нулевое значение.

7. Пространственное наложение раstra из п. 5 и раstra пограничных переходов. В случае положительного значения атрибута раstra пограничных переходов, в результирующий растр попадает оно, в противном случае – данные раstra из п. 5.

По завершении этих действий создается растровая поверхность с разрешением 1×1 км. Атрибутом каждой ячейки является сложность ее преодоления, выраженная в количестве минут, необходимых для ее пересечения. Эта растровая поверхность использована в качестве показателя меры преодоления пространства в расчетах транспортной доступности как методом изолиний, так и методом потенциалов.

4.1.3. Метод изолиний

Метод изолиний, применяемый в исследовании, характеризует время в пути из выбранной ячейки для ближайшего города. Его основной задачей является отображение степени пространственного охвата территории сетью городского расселения. Людность городов исключена из расчетов.

Преимуществом использования метода является легкость восприятия и интерпретации конечных результатов, которые достигаются благодаря использованию показателя времени в пути. При картографировании метода автором выбрана искусственная пятиступенчатая градация показателя доступности с использованием равных интервалов: менее 1 ч., от 1 до 2 ч., от 2 до 3 ч., от 3 до 4 ч. и более 4 ч. При обработке выборки значений для характеристики распределения результатов для большей точности исследования использованы неокругленные данные для каждой из ячеек.

Расчет значений показателя осуществляется в программной оболочке ESRI ArcGIS 10.2. Транспортная доступность оценена с применением функции Cost Distance из приложения Spatial Analyst (аргументы функции – векторный точечный файл расположения городов и растр меры преодоления пространства). Выполнение функции на современном ПК заняло 5 936 секунд (около 1 ч. 40 минут).

4.1.4. Метод потенциалов

Метод потенциалов определяет транспортную доступность выбранного пункта относительно всех городов, участвующих в исследовании. При этом более удаленные и менее населенные города оказывают меньшее влияние на значение показателя, чем менее удаленные и более населенные.

Расчет транспортной доступности городов производится согласно следующей формуле:

$$A_i = \sum_{k=1}^m \sqrt{P_k} e^{\frac{-t_{ik}^2}{10}} \quad (18)$$

где A_i – показатель доступности городов из ячейки i , t_{ik} – время в пути из ячейки i в город k , P_k – людность города k , m – количество городов в стране, e – основание натурального логарифма.

Функции зависимости доступности от людности городов и меры преодоления пространства (времени в пути) выбраны автором по результатам сравнения их разнообразных вариантов и комбинаций. Различия между основными из них представлены в третьей главе.

Метод изолиний оценивает доступность ближайшего города в выбранной точке, в то время как метод потенциалов рассчитывает интегральный показатель для всех городов системы. Людность при этом выступает в качестве веса конечных пунктов.

Метод изолиний характеризует пространственное распространение всех элементов сети городского расселения. Метод потенциалов позволяет учесть различные ее иерархические уровни. Для иллюстрации приведем два примера:

1. В рассматриваемой системе есть два города: один с людностью 1 млн чел., другой – 10 тыс чел. Для первой ячейки ближайшим является больший город, для второй – меньший. Время в пути до них одинаковое – 1 час. При расчете методом изолиний доступность городов в ячейках будет равна. Метод потенциалов покажет, что доступность городов из первой ячейки выше, чем из второй.

2. Рассмотрим аналогичную систему из двух городов с разной людностью. Четыре ячейки находятся на линии, соединяющие города. Время в пути от них до ближайшего города равно 1 ч. Первая располагается за большим городом; вторая – между городами, но ближе к большому; третья – между городами, но ближе к маленькому; четвертая – за маленьким городом. Согласно методу изолиний доступность городов из третьей и четвертой ячеек будет равна. Показатель для первой и второй ячеек также будет одинаковым и более высоким, чем для третьей и четвертой. При расчете методом потенциалов каждая из ячеек будет иметь различный уровень транспортной доступности городов: наибольшая у второй, наименьшая – у четвертой. Позиция первой и третьей ячейки будет зависеть от соотношения людности городов и расстояния между ними.

Расчет значений транспортной доступности городов с использованием метода потенциалов значительно более трудоемок, чем метода изолиний. Он подразумевал написание программного кода на языке программирования Python. Его алгоритм включает несколько последовательных процедур.

1. Разделение точечного вектора, содержащего местоположения 845 исследуемых городов, на 845 файлов (по одному на каждый город).

2. Применение функции Cost Distance для каждого из 845 файлов с местоположением городов (аргументы функции – векторный точечный файл расположения города и растр меры преодоления пространства). В результате получается 845 растров транспортной доступности города.

3. Перерасчет значений растров транспортной доступности город из п. 2 с использованием формулы 18 метода потенциалов.

4. Пространственное сложение 845 растров, полученных в п. 5.

Время построения растровой поверхности, отображающей транспортную доступность городов Южной Америки, составило 1 119 826 секунд (почти 13 дней).

4.2. Пространственные структуры значений транспортной доступности городов в Южной Америке

Карты транспортной доступности городов наглядно отражают дифференциацию территории Южной Америки по уровню транспортной доступности городов. Они позволяют выделить территории с наибольшими и наименьшими значениями, определить их соотношение. При анализе карт выявляются сходства рисунков показателя транспортной доступности в различных частях континента. Их можно объединить в несколько основных и промежуточных типов пространственных структур. К основным типам относятся площадной, сетчатый, линейный и ареальный. Их сочетания образуют переходные типы: сетчато-ареальный и линейно-ареальный.

Наличие того или иного типа пространственной структуры зависит от плотности и разветвленности дорожной сети, густоты и равномерности распределения городов. Уровень сопротивления пространства также оказывает сильное влияние на рисунок показателя транспортной доступности городов.

Картографическое отражение применения метода изолиний (рис. 70) и метода потенциалов (рис. 71) позволяет выделить аналогичные типы пространственных структур. Большинство территорий при оценке обоими методами относится к одному и тому же типу. Однако в отдельных частях континента распределения показателя транспортной доступности при расчете методом изолиний и методом потенциалов образуются различные пространственные структуры.

Рассмотрим основные характеристики каждого из типов пространственных структур значений показателя транспортной доступности городов.

4.2.1. Площадная пространственная структура

Площадная пространственная структура транспортной доступности характеризуется высоким уровнем значений показателя на всей территории. Его колебания являются незначительными.

Площадной тип структуры возникает при выполнении нескольких условий. Во-первых, дорожная сеть на всей территории должна обладать высокой плотностью. Во-вторых, на ней должно присутствовать значительное количество городов, распределенных относительно

равномерно. В-третьих, сопротивление пространства вне автомобильных дорог не должно достигать высоких значений.

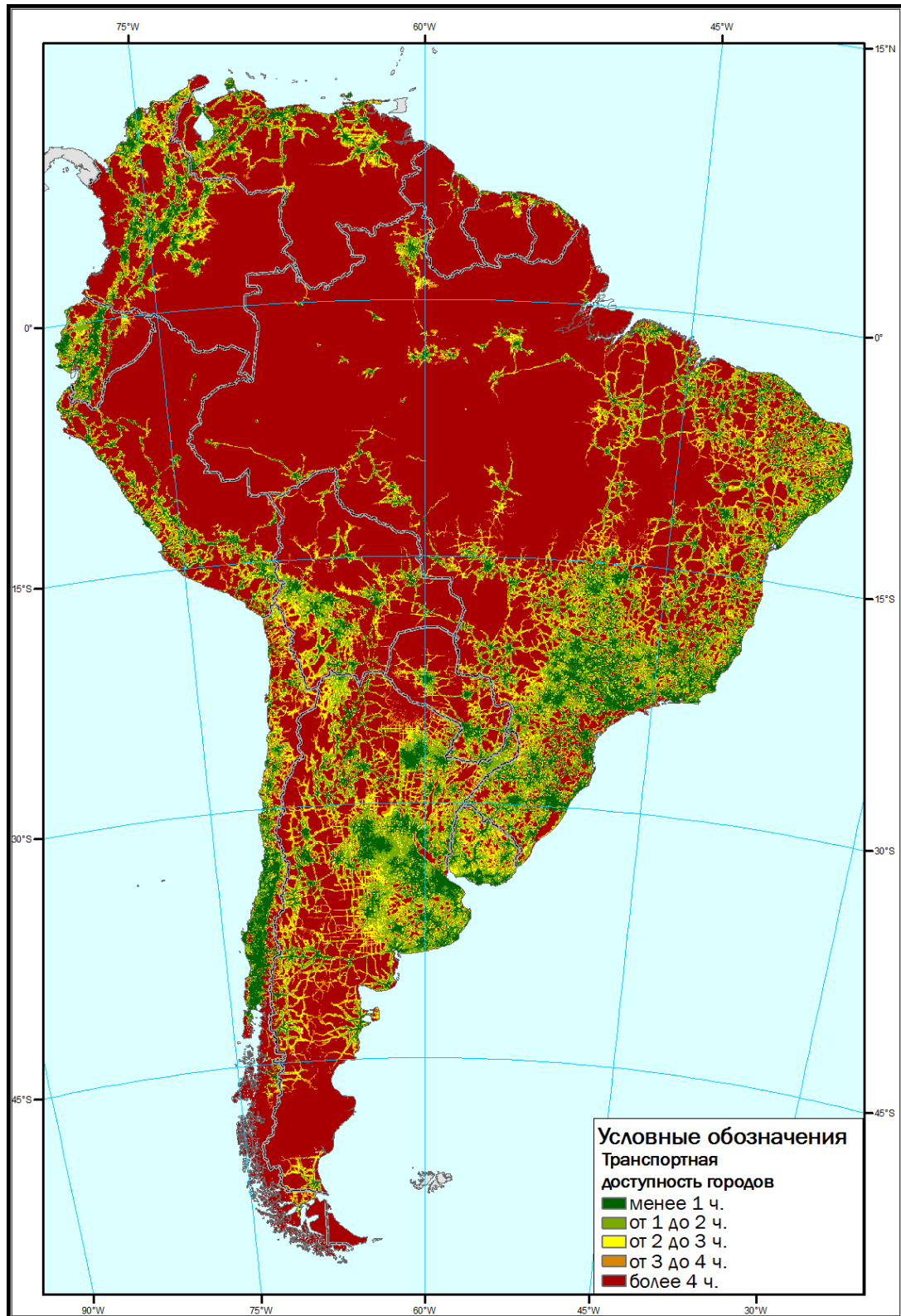


Рис. 70. Транспортная доступность городов Южной Америки, измеренная методом изолиний. Составлено автором

В Южной Америке площадная пространственная структура наблюдается только на густонаселенных равнинных территориях, обычно включающих крупные городские агломерации.

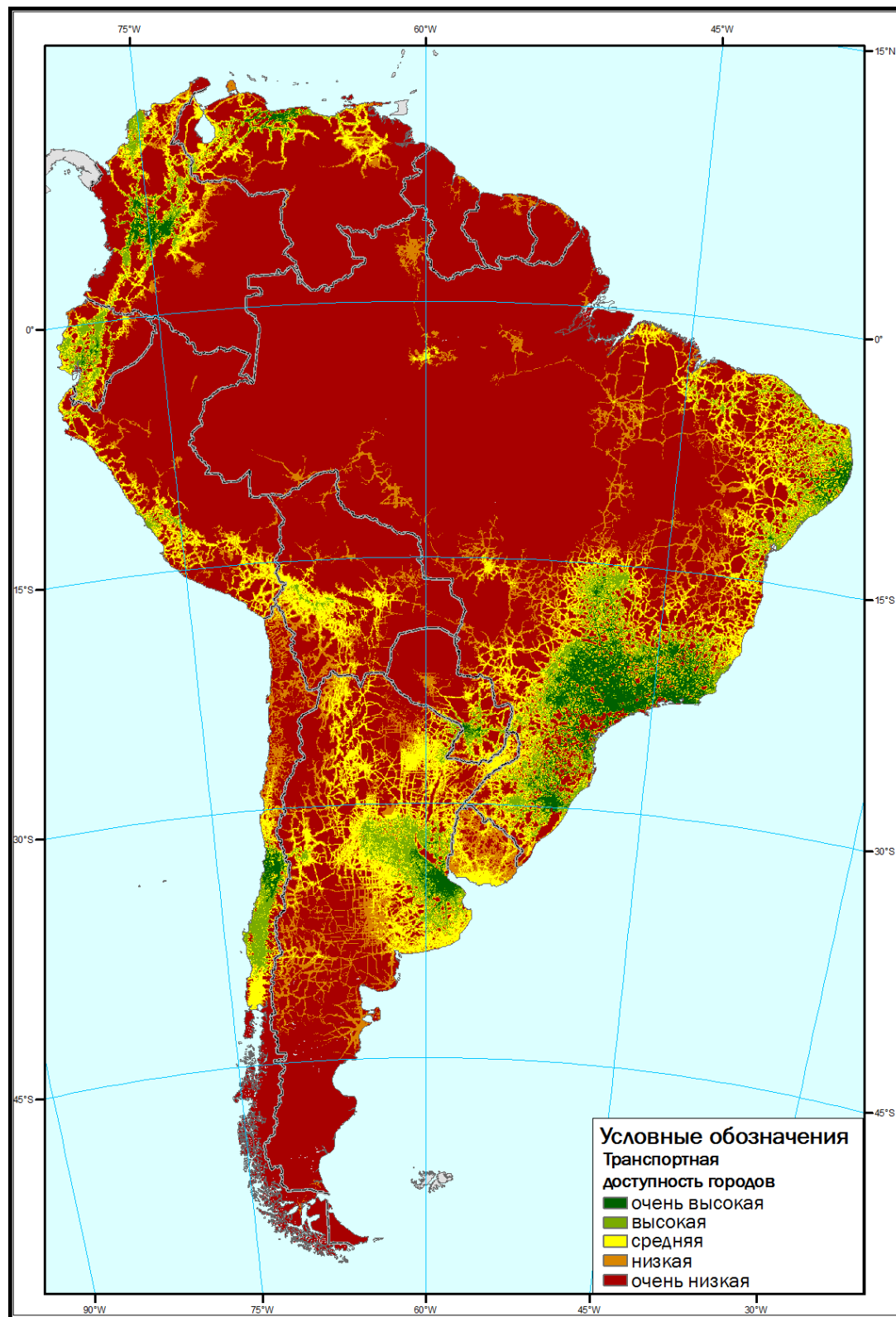


Рис. 71. Транспортная доступность городов Южной Америки, оцененная методом потенциалов. Составлено автором

На картах транспортной доступности, построенных с использованием обоих методов расчета, выделяются несколько схожих ареалов с площадной пространственной структурой.

1. Центральная часть Аргентины. Включает в себя агломерацию Буэнос-Айреса (в т.ч. г. Ла-Плата), территорию вдоль оси Буэнос-Айрес – Росарио – Кордова и окрестности города Санта-Фе. При расчете методом потенциалов ареал очень высоких значений протягивается от агломерации Буэнос-Айреса только до Росарио.

2. Южная часть Уругвая, в т.ч. города Колония-дель-Сакраменто, Сан-Хосе-де-Майо, Монтевидео, Минас, Мальдонадо, Роча. Согласно методу изолиний эта территория характеризуется высокими значениями транспортной доступности городов, а согласно методу потенциалов – средними. Уровень показателя сохраняется постоянным на всей площади.

3. Центральная часть Чили. При оценке методом изолиний ареал очень высоких значений транспортной доступности тянется от агломерации Сантьяго на севере до г. Пуэрто-Монт на юге. При использовании метода потенциалов площадная структура дробится на три части: очень высокие значения тянутся при движении на юг от столичного района до г. Талька, высокие – до г. Вальдивия, а средние – до г. Пуэрто-Монт.

4. Юго-восточная часть Бразилии: север штата Парана, вся территория штатов Сан-Паулу, Рио-де-Жанейро, южная часть штатов Минас-Жерайс и Эспириту-Санту.

5. Юго-восточная часть провинции Чако (Аргентина). Расчет методом изолиний характеризует транспортную доступность городов на этой территории как высокую, а методом потенциалов – как среднюю.

6. Провинция Мисьонес, расположенная на северо-востоке Аргентины и «зажатая» между территориями Бразилии и Парагвая.

4.2.2. Сетчатая пространственная структура

При сетчатой пространственной структуре повышенная транспортная доступность формирует относительно равномерную по размеру ячеек сетку, внутри которой значения показателя уровня доступности ниже. В ней отсутствуют территории со значительно более высокими значениями показателями, чем на сторонах сетки.

Сетчатый тип структуры характерен для территорий с более разреженной по сравнению с предыдущим типом сетью автодорог и городов. Для соблюдения условия малой изменчивости уровня показателя на сторонах сетки, города должны распределяться равномерно по территории, при этом снижение транспортной доступности при удалении от одного города должно компенсироваться ростом показателя при приближении к другому.

Структуры этого типа встречаются редко в Южной Америке. Оба метода позволяют выделить только три небольших по площади ареала на континенте.

1. Северная часть провинции Росарио, юго-восточная часть провинции Сантьяго-дель-Эстero и северо-западная часть провинции Санта-Фе (Аргентина). При оценке методом потенциалов этот ареал крупнее.

2. Северная часть штатов Эспириту-Санту и Минас-Жерайс и южная часть штата Баия (Бразилия). Значения транспортной доступности на линиях сетки при оценке методом изолиний выше, чем при использовании методов потенциалов.

3. Удаленные от побережья части штатов северо-востока Бразилии (север штата Баия, Пернамбуку, Параиба, Сеара и Пиауи). При расчете методом потенциалов в этот ареал также попадают прибрежные территории штатов Риу-Гранди-ду-Норти и Сеара.

Северная часть Чили (XI, I и II регионы, города Тарапака, Арика и Антофагаста) обладает сетчатой пространственной структурой транспортной доступности только при ее оценке методом изолиний. Расчет методом потенциалов дает низкие значения показателя на этой территории.

При использовании метода потенциалов сетчатая пространственная структура наблюдается еще на двух территориях.

1. Часть региона Центр-Запад в Бразилии, состоящая из штатов Мату-Гросу-ду-Сул, Гояс, юга штата Мату-Гросу и столичного района.

2. Южная часть Аргентинской Пампы, включая юг провинции Буэнос-Айрес и восток провинции Ла-Пампа.

При расчетах методом изолиний эти территории обладают сетчато-ареальной структурой значений показателя транспортной доступности городов.

4.2.3. Линейная пространственная структура

Линейная пространственная структура характеризуется наличием узкой полосы повышенных значений транспортной доступности. Территория вокруг нее имеет низкий уровень показателя.

Этот тип формируется обычно вдоль автомобильной дороги, проходящей по территории с низкой плотностью дорожной сети. Вокруг городов отсутствует сильное ее ветвление, в связи с чем не формируются ареалы высоких значений показателя.

Линейная пространственная структура транспортной доступности городов встречается, в основном, на малоосвоенной территории. При оценке методом изолиний ее имеют следующие части континента:

1. прибрежная территория Гайаны, Суринама, Французской Гвианы и штата Амапа в Бразилии;

2. полоса вдоль автодороги Мараба – Алтамира – Итаитуба (штат Пара, Бразилия);

3. полоса вдоль автодороги Риу-Бранку – Крузейру-ду-Сул (штат Акри, Бразилия);

4. полоса вдоль автодороги Нова-Мутун – Синоп – Гуарантан-ду-Норти (штат Мату-Гросу, Бразилия);

5. полоса вдоль автодороги Пукальпа – Тинго-Мария – Таратопо – Мойобамба – Чачапояс (Перу).

Метод потенциалов учитывает суммарную транспортную доступность до всех городов Южной Америки. Все обозначенные выше полосы слабо связаны с основными ареалами городского расселения на континенте, поэтому значения показателя на них при расчете этим методом будут низкими, что не позволит выделить пространственные структуры. Вместе с тем, при использовании метода потенциалов линейный тип имеет полоса, протянувшаяся от г. Неукен (Аргентина) на запад до границы с Чили.

4.2.4. Ареальная пространственная структура

При ареальной пространственной структуре вокруг одного и нескольких городов формируется небольшая по площади зона повышенной транспортной доступности, не связанная или слабо связанная с остальными ареалами высоких значений показателя в регионе.

Этот тип, как и линейный, встречается на территории со слабой транспортной освоенностью. При использовании метода изолиний территории с ареальной пространственной структурой расположены вокруг следующих городов:

1. Боа-Виста (штат Рорайма, Бразилия);
2. Манаус (штат Амазонас, Бразилия);
3. Коари (штат Амазонас, Бразилия);
4. Тефи (штат Амазонас, Бразилия);
5. Сан-Габриэл-ди-Кашоэйра (штат Амазонас, Бразилия);
6. Сантарен (штат Пара, Бразилия);
7. Арипуана (штат Мату-Гросу, Бразилия);
8. Икитос (Перу);
9. Пуэрто-Карреньо (Колумбия) и Пуэрто-Аякучо (Венесуэла).

При расчетах методом потенциалов выделяется зона средних значений транспортной доступности из всех перечисленных выше городов только вокруг Манауса, а также появляется новый участок с ареальной структурой около города Кампу-Гранди (штат Мату-Гросу-ду-Сул, Бразилия).

4.2.5. Сетчато-ареальная пространственная структура

Сетчато-ареальная пространственная структура встречается в Южной Америке часто. Этот тип характеризуется сочетанием ареалов высоких значений показателя и равномерной сетки, стороны которой обладают высоким уровнем доступности, а территория между ними – низким.

Сеть городов в случае сетчато-ареальной пространственной структуры транспортной доступности распределена неравномерно. Этот тип обычно встречается на равнинной территории с высоким уровнем транспортной освоенности.

Анализ карт, построенных с использованием метода изолиний и метода потенциалов, позволяет выделить несколько общих для них крупных территорий с сетчато-ареальной пространственной структурой показателя транспортной доступности городов:

1. юг Бразилии, включая штаты Риу-Гранди-ду-Сул, Санта-Катарина и южную часть штата Парана;
2. прибрежную часть северо-востока Бразилии (штаты Баия, Сержипи, Алагоас, Пернамбуку, Параиба, Риу-Гранди-ду-Норти, Сеара, Пиауи и Мараньян);
3. северо-запад Аргентины, в т.ч. всю территорию провинций Сантьяго-дель-Эстеро, Катамарка, Тукуман, Сальта, Жужуй и часть территории Ла-Риоха;
4. прибрежную часть Колумбии, выходящую к Карибскому морю (включая города Картахена и Барранкилья).

При расчетах методом изолиний выделяется еще несколько территорий с сетчато-ареальной структурой.

1. Южная часть Аргентинской Пампы, включая юг провинции Буэнос-Айрес и восток провинции Ла-Пампа. При расчетах методом потенциалов на этой территории выделяется сетчатая структура.
2. Северная часть Аргентинской Патагонии в составе провинций Рио-Негро, Неукен и севера провинции Чубут. Метод потенциалов характеризует транспортную доступность городов там как низкую.
3. Часть региона Центр-Запад в Бразилии, состоящая из штатов Мату-Гросу-ду-Сул, Гояс, юга штата Мату-Гросу и столичного района. В случае использования метода потенциалов на этой территории преобладает сетчатый тип структуры.

4.2.6. Линейно-ареальная пространственная структура

Для линейно-ареальной пространственной структуры свойственно наличие «нанизанных» на одну линию городов. Вокруг них присутствует разветвленная сеть автодорог и формируется ареал высокой транспортной доступности. Города связаны относительно узкими полосами повышенных значений показателя.

Этот тип преобладает на густонаселенных горных территориях, где рельеф не позволяет строить развитую сеть автомобильных дорог. Он же формирует высокие значения меры сопротивления пространства, что предопределяет слабое распространение показателя доступности по территории, удаленной от автодорог.

Рассматриваемые в этой главе методы оценки транспортной доступности городов позволяют выделить общие территории с линейно-ареальной пространственной структурой во многих странах Южной Америки, а именно:

1. полоса, включающая города Тариха, Потоси, Сукре, Оруро, Кочабамба и Ла-Пас в Боливии;
2. полоса в горной части Перу, в пределах которой расположены города Пуно, Куско, Абанкай, Аякучо, Уанкайо, Хуни и Серро-де-Паско;
3. полоса в прибрежной части Перу: Лима – Уачо – Чимботе – Трухильо – Чиклайо – Пиура – Тумбес;
4. полоса в горной части Эквадора вдоль автодорог, соединяющих города Макара, Лоха, Куэнка, Риобамба, Амбато, Кито, Ибарра и Тулькан;
5. полоса, расположенная в Колумбии между городами Ипиалес, Пасто, Попаян, Кали, Армения, Перейра, Манисалес и Медельин;
6. полоса в центральной части Колумбии, в пределах которой находятся города Флоренсия, Нейва, Богота, Тунха, Букараманга и Кукута;
7. полоса в восточной части Колумбии с городами Сан-Хосе-дель-Гуавьяре, Вильявисенсио, Вильянуэва, Агуасуль, Йопаль, Рисаральда и Саравена;
8. полоса в Венесуэле, проходящая через города Сан-Кристоваль, Мерида, Баринас, Баркисимето, Валенсия и Каракас;
9. замкнутая полоса округлой формы на востоке Венесуэлы: Барселона – Сьюдад-Боливар – Сьюдад-Гуаяна – Матурин – Кумана.

При использовании метода потенциалов эти полосы, за исключением расположенных в Колумбии, выражены более слабо, однако их размещение сохраняется.

4.3. Типология стран по особенностям пространственной дифференциации транспортной доступности городов

4.3.1. Основные принципы составления типологии

Уровень транспортной доступности городов в Южной Америке неоднороден. В регионе есть территории с высокими значениями показателя, равно как и ареалы с очень низким его уровнем.

Пространственная дифференциация территории Южной Америки, полученная при применении метода изолиний (рис. 70) и метода потенциалов (рис. 71) имеет ряд общих черт. Выделяется несколько крупных ареалов высокой транспортной доступности городов: Аргентинская Пампа и южная часть Уругвая; юг Бразилии; юго-восток Бразилии; территория Чили от о. Чилоэ на юге до столичного района на севере. В то же время значительные территории региона обладают очень низкими значениями показателя: весь амазонский бассейн

(включая части территории Бразилии, Боливии, Перу, Эквадора, Колумбии), а также южные части Венесуэлы, Гайаны, Суринама и Французской Гвианы; южная часть Аргентины и Чили.

При сравнении карт транспортной доступности городов с использованием расчетов методом изолиний и методом потенциалов можно выявить несколько различий в особенностях пространственной дифференциации показателя.

1. При расчете методом потенциалов происходит концентрация повышенных значений в окрестностях крупнейших городов региона: Сан-Паулу, Рио-де-Жанейро, Буэнос-Айреса, Сантьяго, Боготы, Медельина, Кали, Каракаса и др.

2. Территория, на которой преобладают города среднего и небольшого размера, характеризуется более низкими уровнями транспортной доступности при оценке методами потенциалов по сравнению с расчетами методом изолиний. Лучше всего это видно на примере внутренних частей Аргентины и севера Чили.

3. Общий уровень транспортной доступности городов Уругвая, Боливии и Перу при расчете методом потенциалов существенно ниже, чем при использовании метода изолиний.

4. Территория, изолированная или слабо связанная с основной сетью автодорог Южной Америки, при расчете методом потенциалов имеет низкие и очень низкие значения транспортной доступности, даже если на ней присутствуют города. Метод изолиний отображает высокие значения показателя вокруг всех исследуемых городов, в т.ч. если они сильно удалены и изолированы от основной части автодорог континента.

Основной задачей предлагаемой автором типологии стран Южной Америки является отображение различий между странами региона по пространственной дифференциации транспортной доступности городов. Для выделения типов предлагается использовать доли территорий с различными значениями показателя в общей площади стран. Градация транспортной доступности осуществляется на основании граничных значений для квартилей распределения показателя для всей Южной Америки. Они разделяют всю территорию региона на четыре части, каждая из которых занимает 25% площади континента (учитывая то, что все ячейки одинаковы по размеру). Первому квартилю соответствует четверть площади с наиболее высокими значениями транспортной доступности городов, а последнему – с наиболее низкими. Для каждой из стран рассчитывается количество ячеек, находящихся в пределах границ квартилей для Южной Америки в целом, а затем определяется их доля в общем количестве ячеек. Если доля первых двух квартилей превышает 50%, то в этой стране распределение доступности смещено в большую сторону по сравнению с регионом в целом. Если в стране преобладают ячейки, соответствующие третьему и четвертому квартилям для распределения по континенту, уровень транспортной доступности городов в ней ниже, чем в среднем по Южной Америке.

Соотношение площадей территорий со значениями показателя транспортной доступности городов, соответствующим квартилям для распределения по региону в целом при расчете методом изолиний, представлено на рис. 72. Наибольшее смещение показателя транспортной доступности при расчете методом изолиний в сторону больших значений характерно для Уругвая и Боливии, а в сторону низких значений – для Гайаны, Суринама, Французской Гвианы и Перу. Распределение уровня показателя, близкое к среднему по региону, имеют Бразилия и Колумбия.

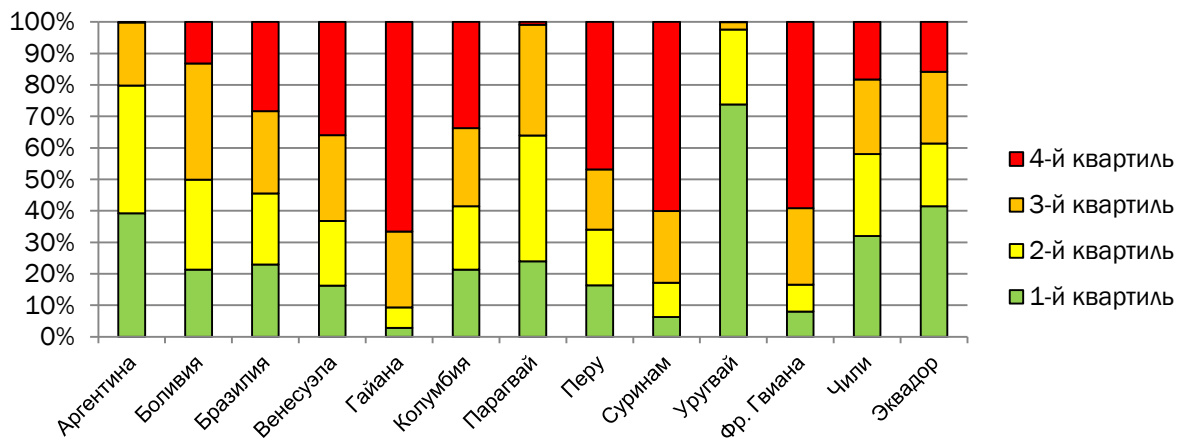


Рис. 72. Соотношение площадей территорий, транспортная доступность городов на которых соответствует квартилям распределения значений показателя по Южной Америке (оценка методом изолиний). Составлено автором

При использовании метода потенциалов получается немного другое соотношение. Оно представлено на рис. 73. Отмечаются более высокие доли площадей, соответствующих четвертому квартилю для континента, т.е. низкие значения транспортной доступности городов. В зависимости от использованного метода сильно меняется соотношение долей первого и второго квартилей для Парагвая, Уругвая и Чили.

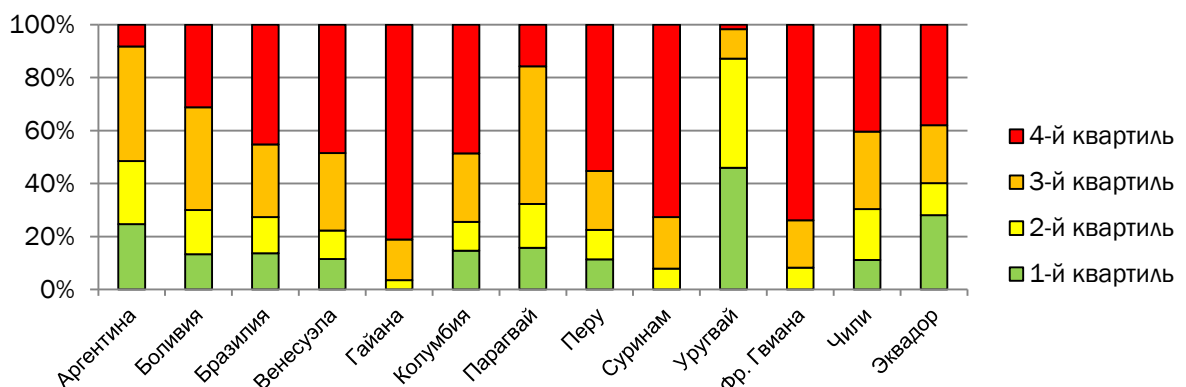


Рис. 73. Соотношение площадей территорий, транспортная доступность городов на которых соответствует квартилям распределения значений показателя по Южной Америке (оценка методом потенциалов). Составлено автором

Типология построена на учете проанализированных выше соотношений при использовании обоих методов. При анализе доли территории с низкими значениями транспортной доступности предлагается использовать соотношение, характерное для метода изолиний. Это позволяет выделить территории, отдаленные от любых населенных пунктов, вне зависимости от их размера. При этом использована следующая формула расчета:

$$K_b = \frac{S_3}{S_o} \times 100\% \quad (19)$$

где S_3 – площадь территории, значения показателя транспортной доступности городов на которой соответствуют третьему и четвертому квартилю для континента в целом при расчете методом изолиний; S_o – площадь страны.

В типологии используются три градации показателя K_b . Если его значение превышает 75%, то страна относится к типу стран с низким уровнем транспортной доступности городов. При значениях K_b от 50% до 75% выделяется тип стран со значительными территориальными диспропорциями в транспортной доступности городов. Страны с K_b менее 50% относятся к типу стран с высоким уровнем транспортной доступности городов (табл. 11).

При рассмотрении соотношения площадей территорий с высокими значениями транспортной доступности результаты метода изолиний не будут в должной степени отражать дифференциацию территории в связи с отсутствием учета весов конечных пунктов. Поэтому для выделения типов в части высоких значений использованы результаты расчета методом потенциалов. Учет этого показателя в типологии основан на определении отношения площадей, соответствующих первому и второму квартилю. Расчет осуществляется по формуле:

$$K_a = \frac{S_1}{S_2} \quad (20)$$

где S_1 – площадь территории, значения показателя транспортной доступности городов на которой соответствуют первому квартилю для континента в целом при расчете методом потенциалов; S_2 – площадь территории, значения показателя транспортной доступности городов на которой соответствуют второму квартилю для континента в целом при расчете методом потенциалов.

Если значение K_a превышает 1, то выделяется тип стран с сильной концентрацией высоких значений показателя. Значениях K_a , близкие к 1, образуют тип стран со средней концентрацией высоких значений показателя. Страны, имеющие значения K_a ниже 1, попадают в тип стран с низкой концентрацией высоких значений показателя (табл. 11). Оценка этого отношения для типа стран с низким уровнем транспортной доступности городов, не является показательной и производиться не будет.

Рассмотрим особенности выделенных типов и стран, входящих в них.

Таблица 11

**Типы стран Южной Америки по особенностям пространственной дифференциации
транспортной доступности городов**

		Отношение площади территории, значение транспортной доступности городов на которой соответствует первому квартилю, к площади, соответствующей второму квартилю (метод потенциалов)		
		более 1,05	0,95-1,05	менее 0,95
Доля в общей площади страны территории, значение транспортной доступности на которой соответствует третьему и четвертому квартилю для континента (метод изолиний)	более 75%	Страны с низким уровнем транспортной доступности городов Гайана, Суринам, Французская Гвиана		
	50% - 75%	Страны со значительными территориальными диспропорциями в транспортной доступности городов и сильной концентрацией высоких значений показателя Колумбия	Страны со значительными территориальными диспропорциями в транспортной доступности городов и средней концентрацией высоких значений показателя Бразилия, Венесуэла, Перу	Страны со значительными территориальными диспропорциями в транспортной доступности городов и низкой концентрацией высоких значений показателя в Южной Америке стран этого типа нет
	менее 50%	Страны с высоким уровнем транспортной доступности городов и сильной концентрацией высоких значений Уругвай, Эквадор	Страны с высоким уровнем транспортной доступности городов и средней концентрацией высоких значений Аргентина, Парагвай	Страны с высоким уровнем транспортной доступности городов и низкой концентрацией высоких значений Боливия, Чили

Составлено автором

4.3.2. Страны с низким уровнем транспортной доступности городов

4.3.2.1. Гайана, Суринам и Французская Гвиана

Тип включает две страны Южной Америки – Гайану и Суринам, а также Французскую Гвиану. Значения K_b для них равняются 91%, 83% и 83% соответственно.

Эти территории объединяет крайне низкий уровень транспортной освоенности. Города и дорожная сеть почти полностью сосредоточены в узкой полосе, проходящей вдоль побережья. Внутренние районы не связаны с побережьем автодорогами.

При оценке транспортной доступности городов методом изолиний выделяются линейные структуры повышенных значений, расположенные вдоль побережья Атлантического

океана (рис. 74). На территории Суринама линейная структура перерастает в линейно-ареальную с узлом в районе города Парамарибо.

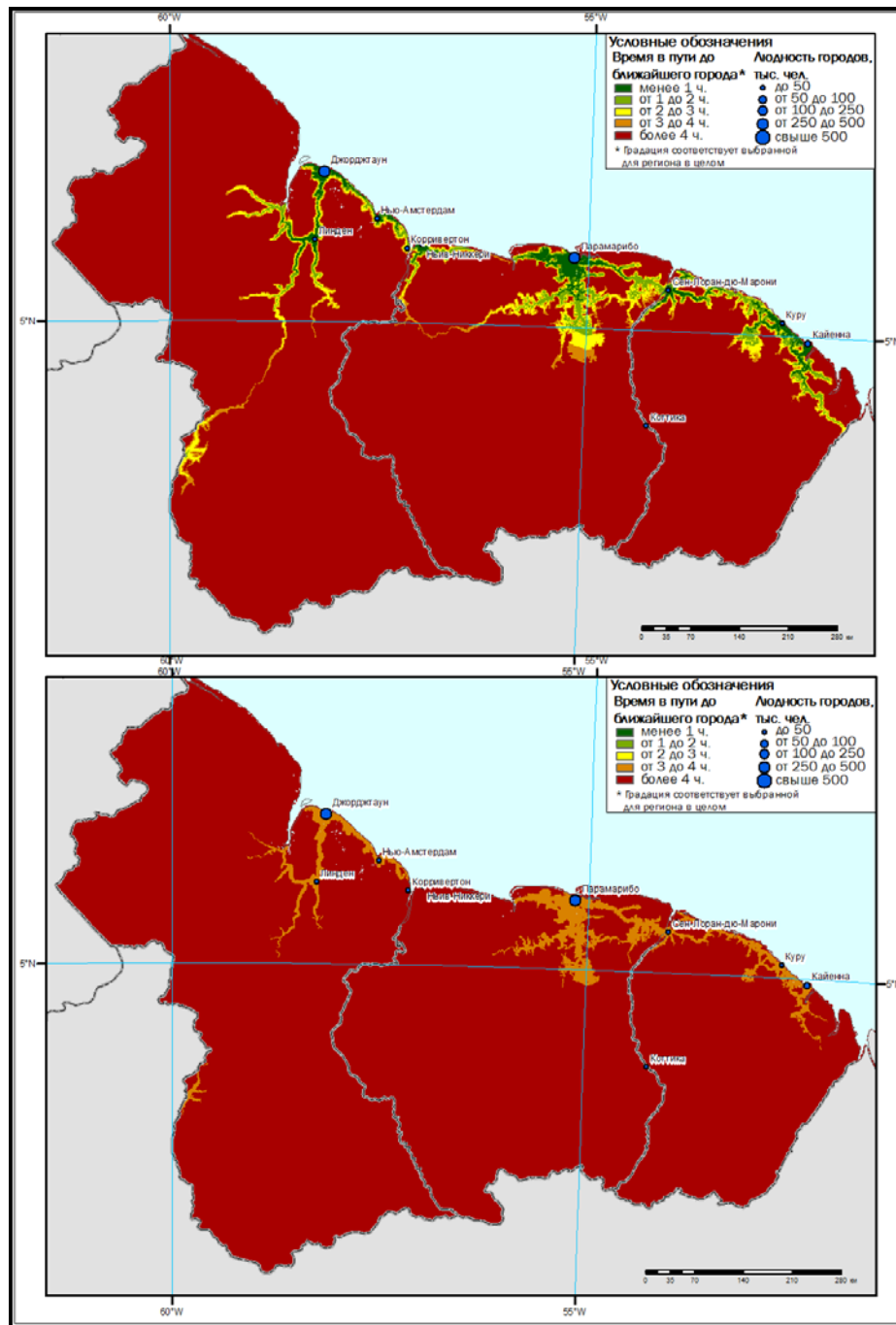


Рис. 74. Транспортная доступность городов Гайаны, Суринама и Французской Гвианы при оценке методом изолиний (сверху) и потенциалов (снизу). Составлено автором

В связи с невысокой людностью городов Гайаны, Суринама и Французской Гвианы и с отсутствием связи их территории автомобильными дороги с основным ареалом городского расселения Южной Америки, в них наблюдаются низкие и очень низкие значения транспортной доступности городов при оценке методом потенциалов.

4.3.3. Страны со значительными территориальными диспропорциями в транспортной доступности городов и сильной концентрацией высоких значений показателя

В этот тип попадают страны, в которых существуют значительные по площади территории как с высоким, так и с низким уровнем транспортной доступности городов. Переход между ними происходит резко: сравнительно небольшие участки имеют промежуточные градации значений показателя транспортной доступности. Тип включает только одну южноамериканскую страну – Колумбию.

4.3.3.1. Колумбия

Доля территорий, на которых значения транспортной доступности городов соответствуют третьему и четвертому квартилям для континента, в общей площади Колумбии составляет 59%.

Колумбия характеризуется высокой контрастностью в уровне транспортной освоенности. Наиболее густая сеть автомобильных дорог находится в центральной горной части страны, а также на побережье Карибского моря. На этой же территории располагается большинство городов, участвующих в исследовании. На тихоокеанском побережье страны и в ее юго-восточной части автомобильные дороги почти отсутствуют.

Сильно расчлененный рельеф центральной части Колумбии способствует более высокому сопротивлению пространства при оценке транспортной доступности городов. В связи с этим при использовании обоих методов в стране не формируется ни площадной, ни сетчатый тип структуры показателя. Для Колумбии характерно присутствие нескольких субмеридионально направленных линейных пространственных структур и небольшой участок сетчато-ареальной структуры на побережье Карибского моря (рис. 75).

При графическом отображении результатов оценки методом изолиний формируются зоны очень высокого уровня транспортной доступности вокруг всех населенных пунктов и соединяющих их автомобильных дорог. При использовании метода потенциалов, в свою очередь, высокие значения показателя остаются только на территориях расположения нескольких крупных городов: в центральной части страны (Богота, Медельин, Кали и др.) и на побережье Карибского моря (Картахена, Барранкилья и Санта-Марта). Остальные же участки с высоким уровнем доступности приобретают средние значения показателя при использовании метода потенциалов. Это заметно в юго-западной и северо-восточных частях страны, на которых расположено несколько средних и небольших городов, а дорожная сеть обладает высокой густотой. Значение коэффициента K_a для Колумбии составляет 1,36.

4.3.4. Страны со значительными территориальными диспропорциями в транспортной доступности городов и средней концентрацией высоких значений показателя

Этот тип также включает страны, имеющие значительные по площади территории как с высокими, так и с низкими значениями транспортной доступности городов. Различие двух

типов состоит в степени концентрации высоких значений: в рассматриваемом типе происходит более плавный переход от областей с высокой транспортной доступностью к территориям с низкими показателями, и выше доля площади, имеющей промежуточные значения, выше. Этот тип включает три южноамериканские страны: Бразилию, Венесуэлу и Перу.

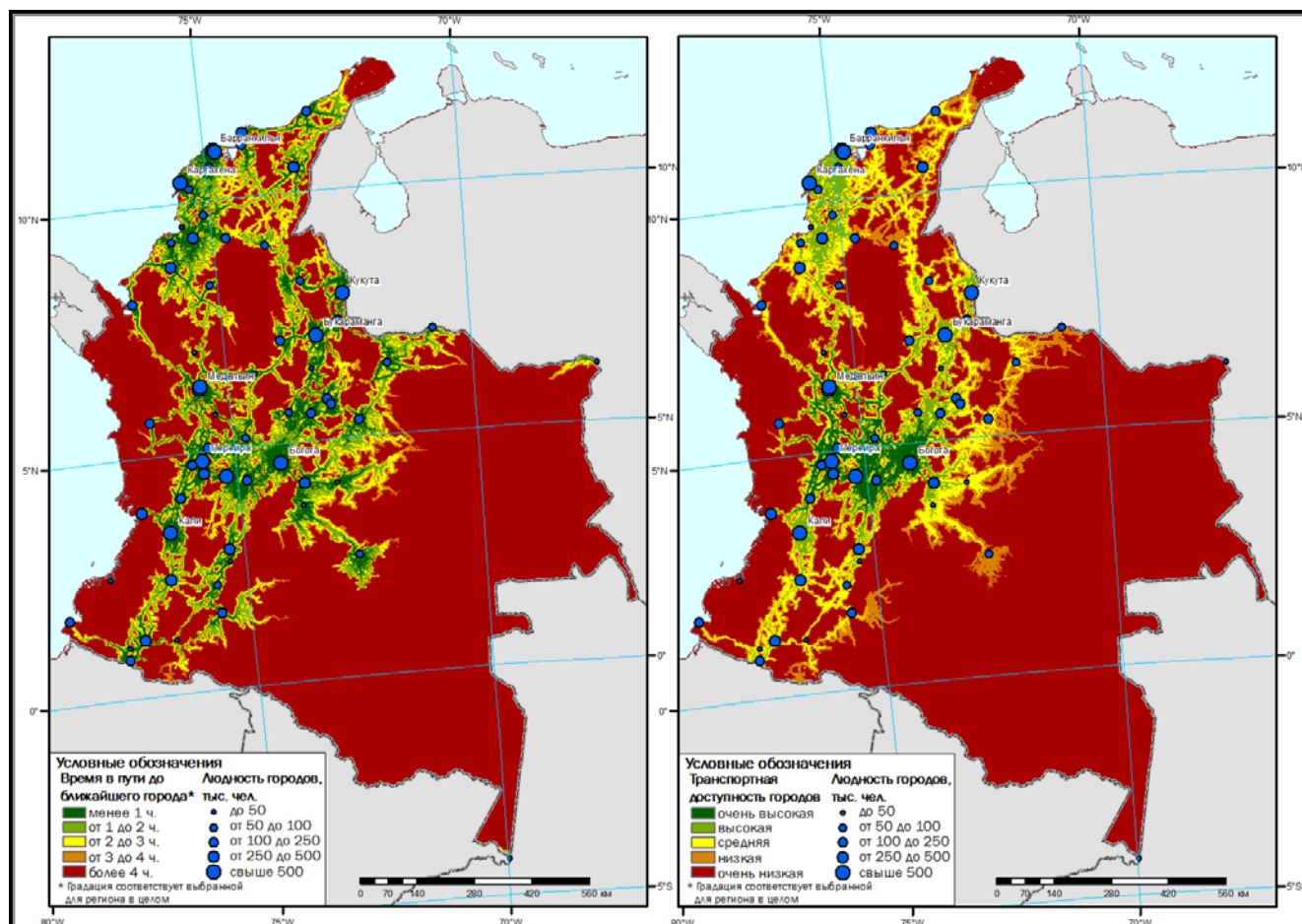


Рис. 75. Транспортная доступность городов Колумбии при оценке методом изолиний (слева) и потенциалов (справа). Составлено автором

4.3.4.1. Бразилия

Бразилия обладает самым низким значением коэффициента K_b из стран, попавших в этот тип – 54%. Распределение значений транспортной доступности по ее территории почти совпадает со средним по континенту при расчете методом изолиний. Если для Южной Америки квартильная разбивка площади территории выглядит как 25% - 25% - 25% - 25%, то для Бразилии – 23% - 23% - 26% - 28%. Заметно небольшое смещение распределения в сторону низких значений. Вместе с тем, выборка, полученная в результате применения метода потенциалов, имеет более выраженную асимметрию.

В Бразилии встречаются как наиболее высокие в Южной Америке значения уровня транспортной доступности городов – в штате Сан-Паулу, так и наиболее низкие – в штате Амазонас.

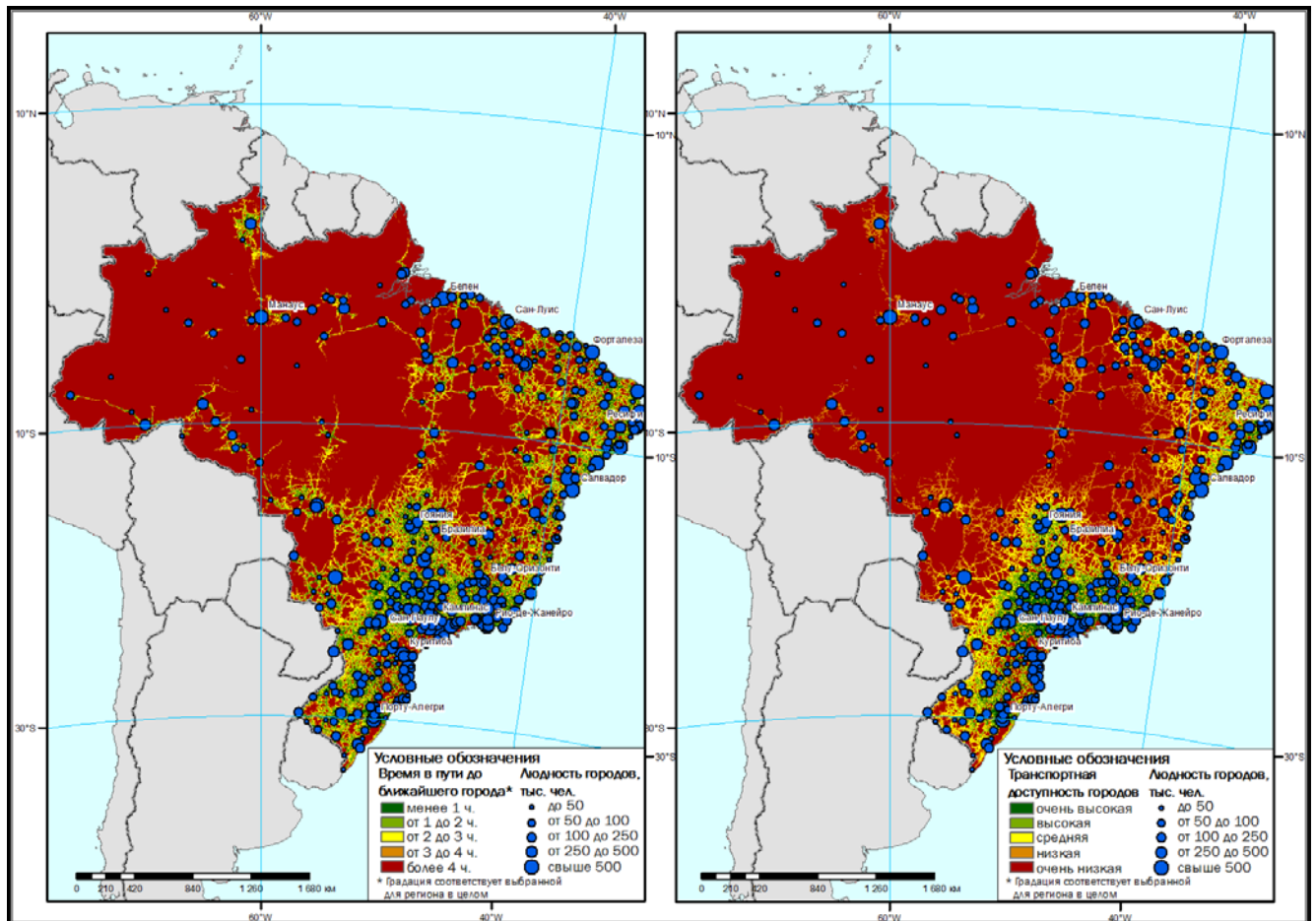


Рис. 76. Транспортная доступность городов Бразилии при оценке методом изолиний (слева) и потенциалов (справа). Составлено автором

Графическое отображение результатов оценки транспортной доступности методом изолиний (рис. 76) характеризуется полицентричностью: на карте видно большое количество ареалов высоких и очень высоких значений показателя как на юго-востоке и юге страны, так и в штатах северо-восточной части Бразилии, и даже в Амазонии (Боа-Виста, Манаус, Сантарен). В Бразилии присутствуют все выделенные в этом исследовании типы пространственных структур транспортной доступности. Например, площадные структуры можно найти в районе Сан-Паулу – Рио-де-Жанейро – Белу-Оризонти, сетчатые и сетчато-ареальные на северо-востоке страны, линейные, ареальные и линейно-ареальные – на территории амазонского бассейна.

Территории с высокой транспортной доступностью городов при расчете методом потенциалов сосредоточены в четырех основных ареалах: на юго-востоке страны (в пределах треугольника Сан-Паулу – Рио-де-Жанейро – Белу-Оризонти), в южном районе (на территории, тяготеющей к городу Порту-Алегри), на побережье северо-восточной части страны (между городами Масейо – Ресифи – Жуан-Песоа – Натал) и в столичном районе. В районе Центр-Запад, в удаленных от побережья участках северо-востока Бразилии и в Амазонии значения показателя не превышают средних.

При расчете методом потенциалов доля в общей площади страны территории, соответствующей первому и второму квартилям для континента, равна и составляет 23%. Коэффициент K_h для Бразилии – 1,0.

4.3.4.2. Венесуэла

Венесуэла имеет среднее для стран этого типа значение коэффициента K_b – 61%. Почти весь юго-восток, значительные территории в центральной и восточной частях страны обладают очень низкими значениями транспортной доступности городов (рис. 77).

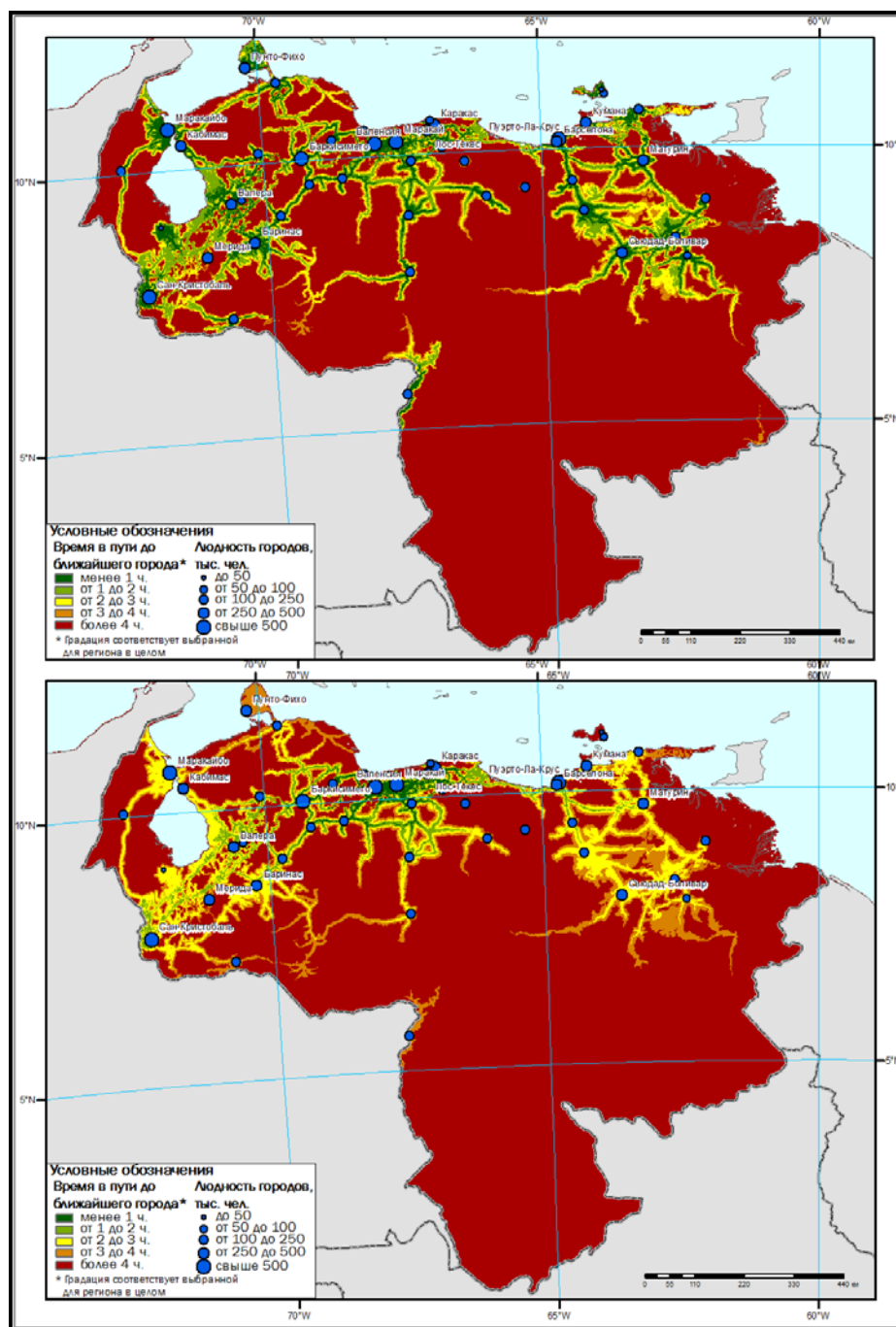


Рис. 77. Транспортная доступность городов Венесуэлы при оценке методом изолиний (сверху) и потенциалов (снизу). Составлено автором

Сеть автомобильных дорог состоит из двух крупных частей: западная протягивается от границы с Колумбией (в районе города Сан-Кристобаль) до столичного района (рис. 77). Восточная часть расположена между городами на побережье Карибского моря (Барселона и Кумана) и на берегу реки Ориноко (Сьюдад-Боливар и Сьюдад-Гуаяна). Эти территории имеют линейно-ареальную пространственную структуру.

При оценке транспортной доступности методом изолиний высокие значения показателя характерны для территорий вокруг всех исследуемых городов, а также вдоль соединяющих их автодорог. Метод потенциалов дает другую картину: очень высокую транспортную доступность имеет цепь городов Баркисимето – Валенсия – Маракай – Каракас, от которой отходят лучи высоких значений доступности до границы с Колумбией на юго-западе и Барселоны на востоке. Отношение их площадей составляет коэффициент K_a . Его значение для Венесуэлы равно 1,07. Транспортная доступность городов вдоль побережья оз. Маракайбо и на территории расположения восточной части сети автодорог не поднимается выше средних значений.

4.3.4.3. Перу

Перу имеет самые высокие из рассматриваемого типа значения коэффициента K_b – 66%. Почти вся восточная и северная части страны характеризуются очень низким уровнем транспортной доступности городов (за исключением небольших участков около городов Икитос, Пукалльпа и Пуэрто-Мальдонадо).

Основная часть городов и автомобильной сети расположена либо между Кордильерами Анд, либо вдоль тихоокеанского побережья, причем можно выделить два ареала сгущения дорожной сети (рис. 78). Первый из них находится в центральной части страны между агломерацией Лима – Кальяо на побережье и городом Уанкайо на высокогорье. Второй расположен на юге, вдоль берегов оз. Титикака и имеет продолжение по другую сторону от границы с Боливией. Связующим звеном ареалов является город Куско.

При расчете транспортной доступности городов методом изолиний на территории Перу выделяются две ярко выраженные линейно-ареальные пространственные структуры распространения показателя: одна в горной части, а другая вдоль побережья. Осевая составляющая структур имеет очень высокие, а ее ответвления – высокие и средние значения транспортной доступности городов. В перуанской части амазонского бассейна присутствует несколько структур ареального и линейного типа.

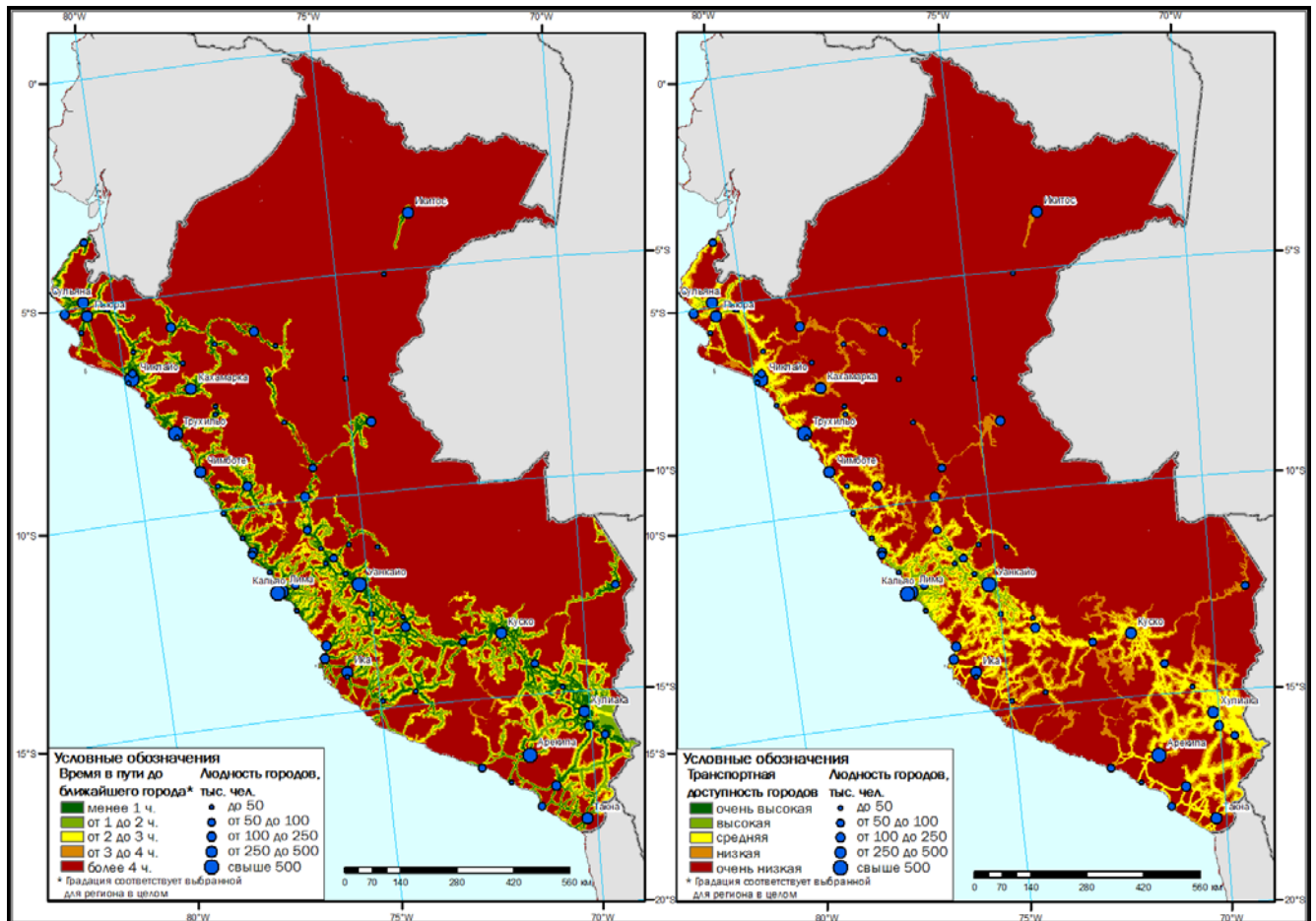


Рис. 78. Транспортная доступность городов Перу при оценке методом изолиний (слева) и потенциалов (справа). Составлено автором

На карте транспортной доступности городов, построенной с учетом метода потенциалов, территория с очень высокими значениями показателя заметно меньше: она ограничивается столичной агломерацией и ближайшими к ней городами в горной части страны, а также небольшим участком территории на севере Перу, включая города Пьюра и Сульяна. Коэффициент K_d для страны равняется 1,03.

4.3.5. Страны со значительными территориальными диспропорциями в транспортной доступности городов и слабой концентрацией высоких значений показателя

К этому типу можно отнести страны с сильной дифференциацией территории по показателю транспортной доступности. Значительные площади занимают территории как с низкими, так и с высокими его значениями. Переходная зона между ними выражена достаточно хорошо.

В Южной Америке нет стран, которые подходили бы к этому типу.

4.3.6. Страны с высоким уровнем транспортной доступности городов и сильной концентрацией высоких значений показателя

Этот тип включает страны, более половины территории которых имеют значения транспортной доступности городов выше средних по региону. Одновременно с этим, в них

присутствует резкий переход от территорий с высоким уровнем показателя к территориям с его низким уровнем.

В Южной Америке к этому типу относятся две небольшие по площади страны – Уругвай и Эквадор.

4.3.6.1. Уругвай

Уругвай обладает самым маленьким в Южной Америке значением коэффициента K_b – 2%. Это означает, что в половину площади континента с наиболее низким уровнем транспортной доступности городов при оценке методом изолиний входит только 2% территории Уругвая. Они расположены в удаленных от дорожной сети районах департаментов Ривера и Пайсанду.

Транспортная сеть покрывает территорию Уругвая относительно равномерно. Сеть городов имеет сгущение в южной части страны, в связи с чем при оценке методом изолиний там формируется площадная структура очень высоких и высоких значений транспортной доступности (рис. 79). Они распространяются на север вдоль трех основных автодорог в направлении городов Пайсанду и Сальто, Ривера и Мело.

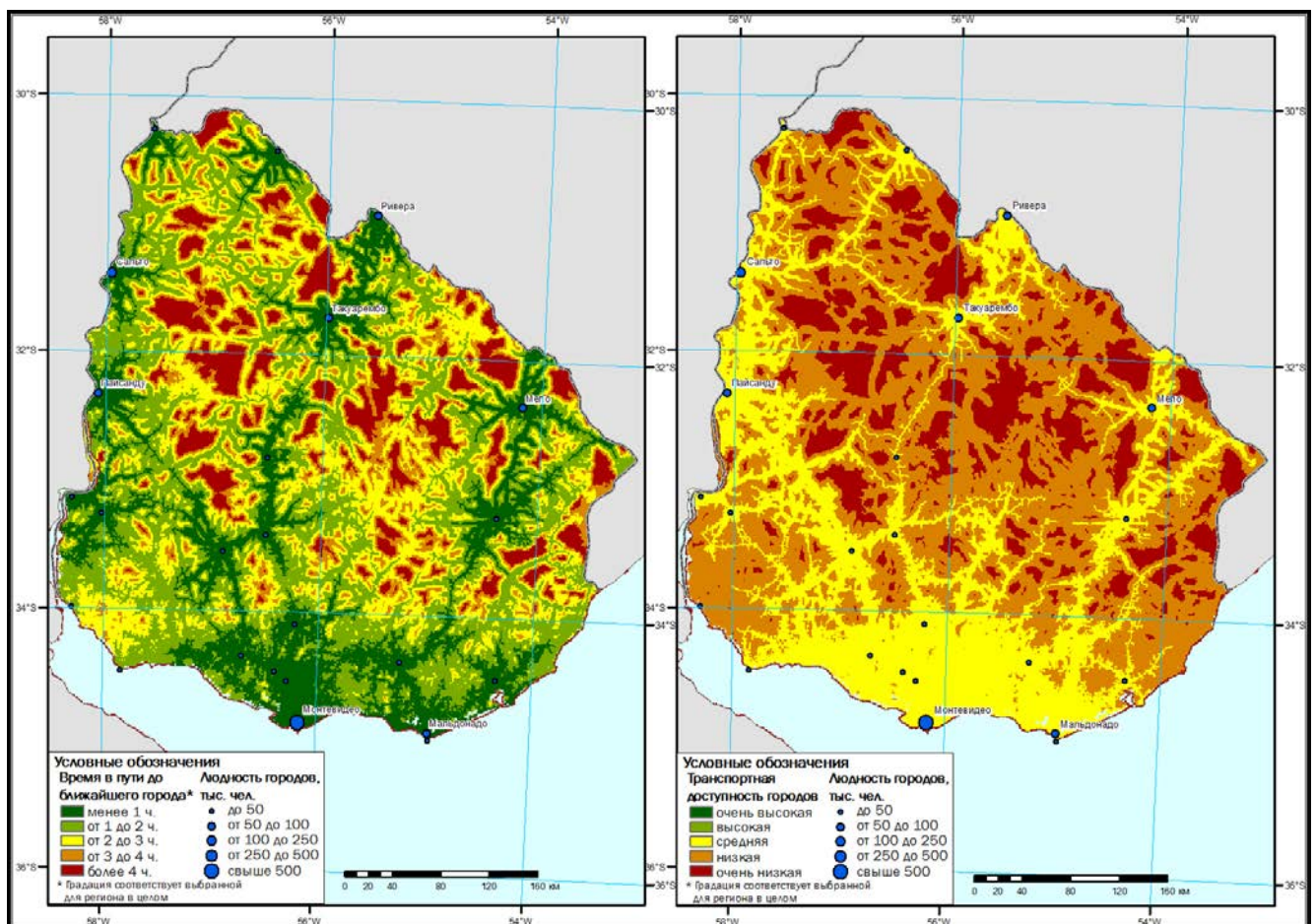


Рис. 79. Транспортная доступность городов Уругвая при оценке методом изолиний (слева) и потенциалов (справа). Составлено автором

При оценке транспортной доступности городов методом потенциалов, в южной ее части также формируется площадная структура, но она включает территории со средними для региона значениями транспортной доступности. Еще один крупный ареал повышенного уровня показателя расположен вдоль границы с Аргентиной между городами Пайсанду и Сальто.

Уругвай обладает самой высокой долей в площади страны территории, значения транспортной доступности городов на которой соответствуют границам первого квартиля для региона. Она составляет 74% для метода изолиний и 46% для метода потенциалов. Читателя не должно вводить в заблуждение возникшее противоречие между этим соотношением и картой, представленной на рис. 79. Для проведения статистического анализа взята градация на четыре квартиля (в каждую ступень градации выделяется четверть всей площади Южной Америки). При составлении карт стран региона использована сквозная для континента шкала, сформированная по естественным разрывам в распределении значений транспортной доступности городов. Коэффициент K_a для Уругвая равен 1,11.

4.3.6.2. Эквадор

Значение коэффициента K_b у Эквадора значительно выше, чем у Уругвая. Оно составляет 39%. Территория страны подразделяется на две примерно равные по площади части с различным уровнем транспортной доступности городов. Западная часть страны, включая побережье Тихого океана и территорию, заключенную между хребтами Анд, имеет высокие и очень высокие значения показателя. Транспортная доступность городов в восточной амазонской части Эквадора крайне низка.

На картографическом отображении результатов расчета методами изолиний и потенциалов явно выделяется линейно-ареальная пространственная структура распространения значений показателя по территории страны (рис. 80). Основная ее ось проходит в горной части, на нее «нанизаны» города Куэнка, Амбатто и Кито. На уровне города Гуаякиль и к северу от него от Анд вплоть до побережья Тихого океана формируется широкая зона высоких и очень высоких значений транспортной доступности. В отличие от большинства стран региона, пространственные структуры при оценке обоими методами в Эквадоре почти полностью совпадают.

В связи с размещением многих городов в пределах узкой полосы в горной местности и низкой проницаемостью для транспортного сообщения территории вокруг нее, для Эквадора характерен очень резкий переход от территорий с высокой и очень высокой транспортной доступностью городов к территориям с низкими значениями показателя. Это отражается в самом большом для региона значении коэффициента K_a – 2,32.

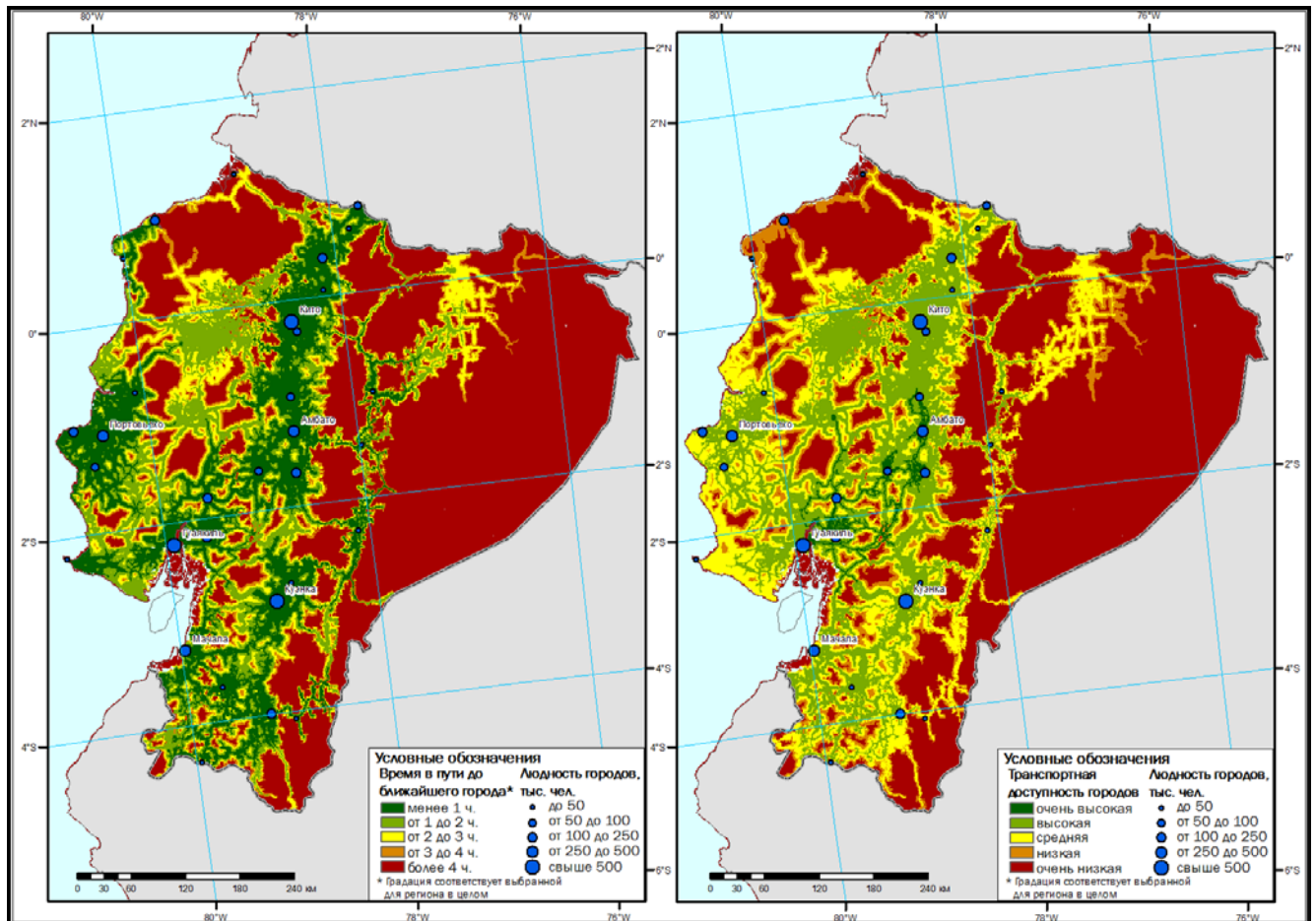


Рис. 80. Транспортная доступность городов Эквадора при оценке методом изолиний (слева) и потенциалов (справа). Составлено автором

4.3.7. Страны с высоким уровнем транспортной доступности городов и средней концентрацией высоких значений показателя

Этот тип формируется из стран, более половины территории которых входят в первый и второй квартили распределения транспортной доступности городов по территории Южной Америки методом изолиний. В отличие от предыдущего типа, переход от высоких значений показателя к низким выражен более плавно.

В Южной Америке к этому типу относятся Аргентина и Парагвай относятся.

4.3.7.1. Аргентина

Аргентина имеет очень низкое значение показателя K_b – 20%. Оно ниже только у небольшого по площади Уругвая. В случае использования градации транспортной доступности городов по квартилям для континента, четвертому из них будет соответствовать только пятая часть территории Аргентины (о. Огненная земля и небольшие ареалы в горах на северо-западе страны). На рис. 81 приведена карта, учитывающая выделение групп значений по естественным разрывам, что способствует лучшей пространственной дифференциации территории страны.

На территории Аргентины встречаются все типы пространственных структур. Здесь выделяется наибольшее среди стран региона количество площадных структур. Крупнейшая из

них расположена в центральной части страны и включает основные ее города – Буэнос-Айрес, Кордову и Росарио. Очень высокие значения плотности автомобильных дорог способствуют формированию аналогичных структур на юго-западе провинции Чако и в провинции Мисьонес.

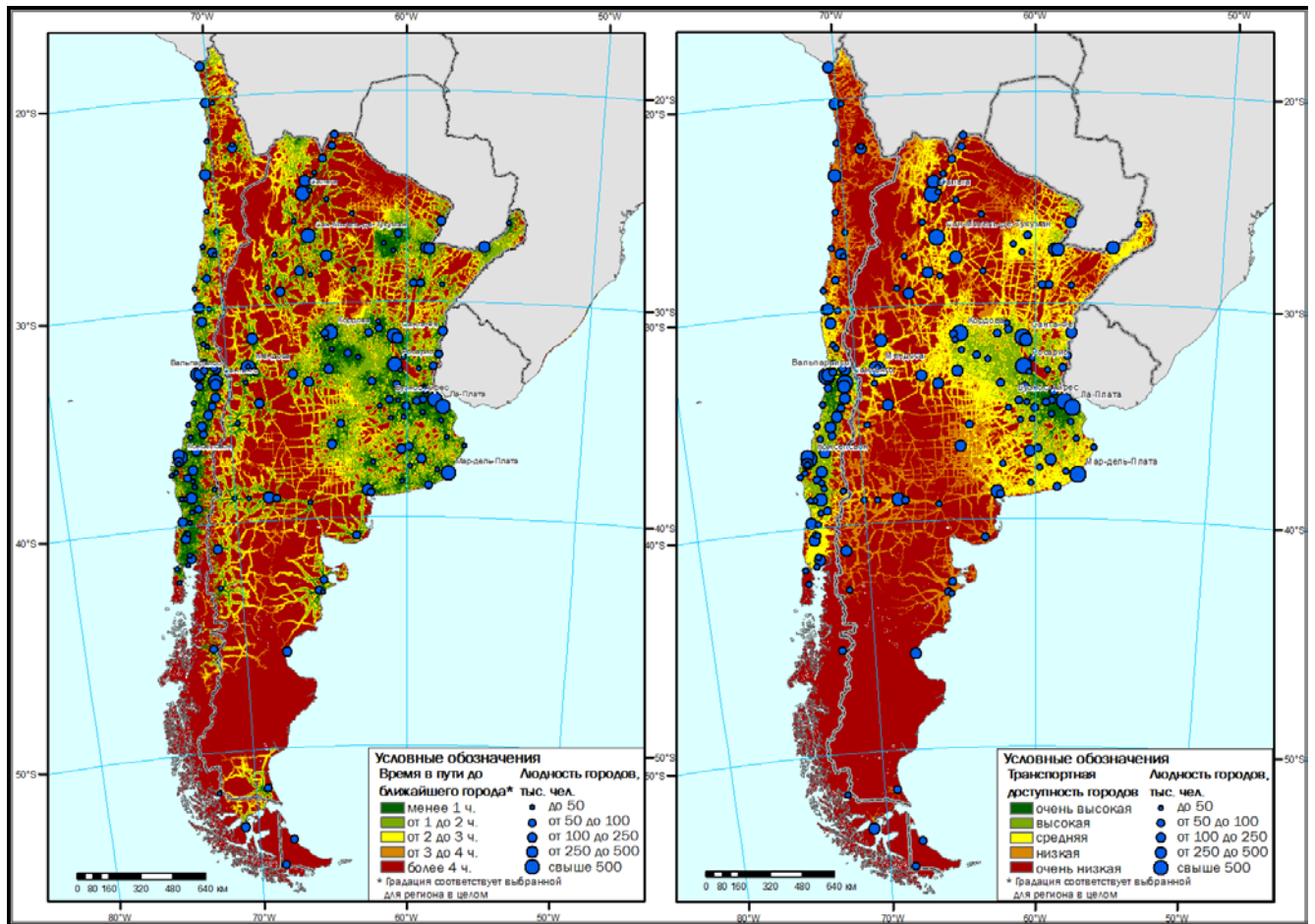


Рис. 81. Транспортная доступность городов Аргентины и Чили при оценке методом изолиний (слева) и потенциалов (справа). Составлено автором

Распределение транспортной доступности городов при расчете методом потенциалов характеризуется концентрацией высоких значений показателя вдоль оси, соединяющей агломерацию Буэнос-Айреса через Росарио с Кордовой. На остальной территории, за исключением южной части Патагонии, несмотря на сохранение структур, выделяемых при оценке методом изолиний, общий уровень транспортной доступности не превышает средних значений.

Коэффициент K_a для Аргентины равняется 1,04.

4.3.7.2. Парагвай

Значение коэффициента K_b для Парагвая равняется 36%: 1% территории страны соответствует уровню четвертого квартиля распределения транспортной доступности по Южной Америке, а 35% - третьего квартиля.

Парагвай обладает неравномерной структурой расселения и сильными диспропорциями в плотности транспортной сети. Основная часть населения сосредоточена в юго-восточной части страны. Для нее характерна и наибольшая густота сети автомобильных дорог. Именно юго-восток Парагвая обладает самыми высокими значениями транспортной доступности городов (рис. 82). Особенно сильно выделяется агломерация Асунсьона и прилегающие к ней территории.

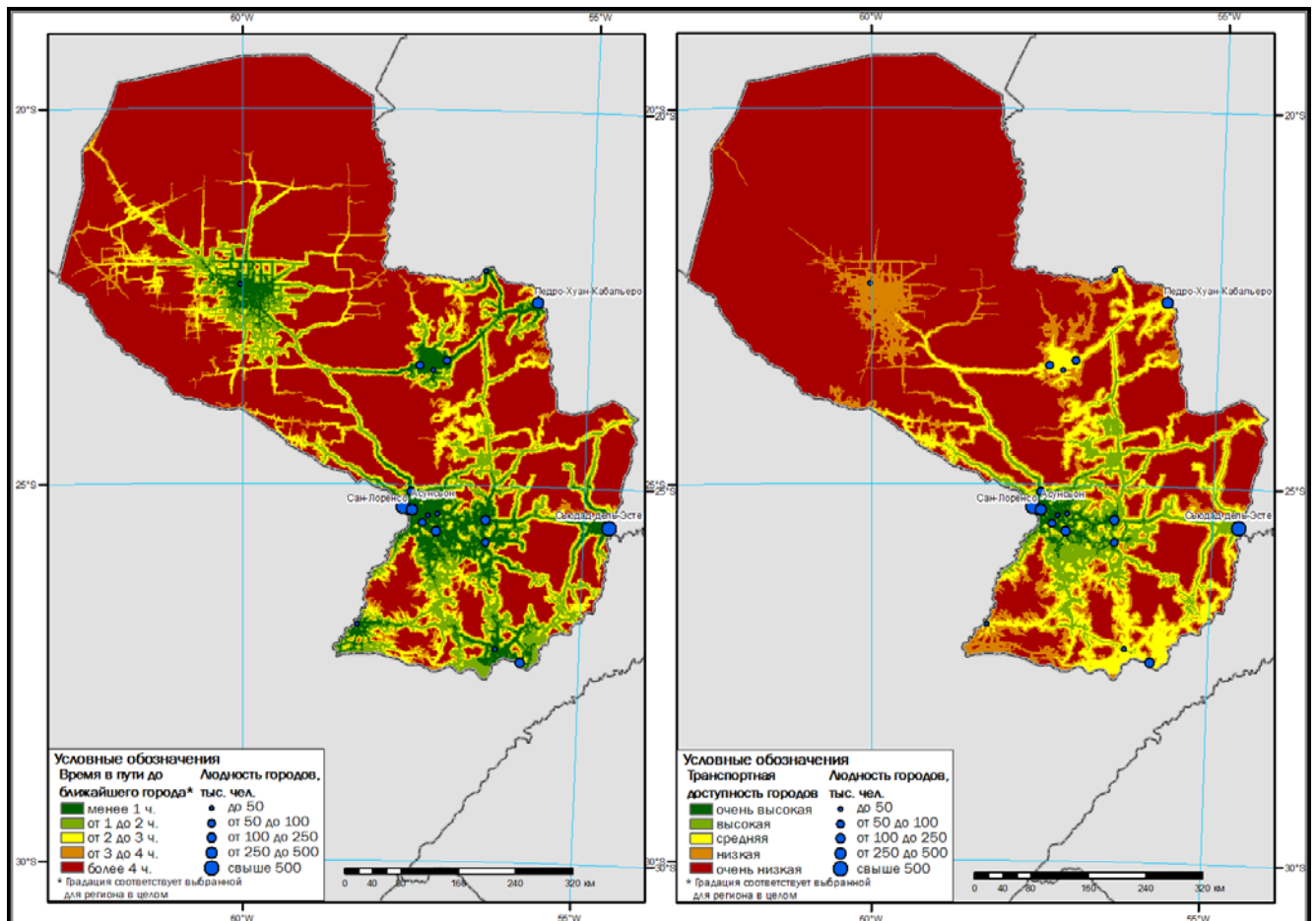


Рис. 82. Транспортная доступность городов Парагвая при оценке методом изолиний (слева) и потенциалов (справа). Составлено автором

При оценке транспортной доступности городов методом изолиний в Парагвае еще четыре ареала помимо столичного района имеют высокие значения показателя. Это территория вдоль границы с Аргентиной на юге страны, город Сьюдад-дель-Эсте, расположенный на границе с Бразилией, и его окрестности. В центральной части Парагвая за счет близкого расположения сразу трех городов, Консепсьона, Оркетты и Белена, формируется третий ареал высокой транспортной доступности. Особенная ситуация с городом Филадельфия (департамент Бокерон), находящимся в северо-западной части страны. В нем проживает около 10 000 жителей. Однако густота дорожной сети в его окрестностях столь высока, что при оценке транспортной доступности городов методом изолиний вокруг города формируется значительный по размерам ареал высоких значений показателя. Метод потенциалов почти

полностью нивелирует различия с окружающей местностью в связи с небольшой людностью города.

Значение коэффициента K_a для территории Парагвая составляет 0,95.

4.3.8. Страны с высоким уровнем транспортной доступности городов и низкой концентрацией высоких значений показателя

Страны, входящие в последний из выделенных типов, по аналогии с двумя предыдущими, должны иметь значения показателя K_b , не превышающие 50%. При этом отношение площади территорий с уровнем транспортной доступности, соответствующей границам первого и второго квартилей для региона в целом, должно быть меньше 0,95.

Этот тип в Южной Америке представлен двумя странами: Боливией и Чили.

4.3.8.1. Боливия

Значение коэффициента K_b для Боливии является пограничным между типом стран с высоким уровнем транспортной доступности и типом стран со значительными территориальными диспропорциями в транспортной доступности городов (рис. 83). Оно равняется 49,9%.

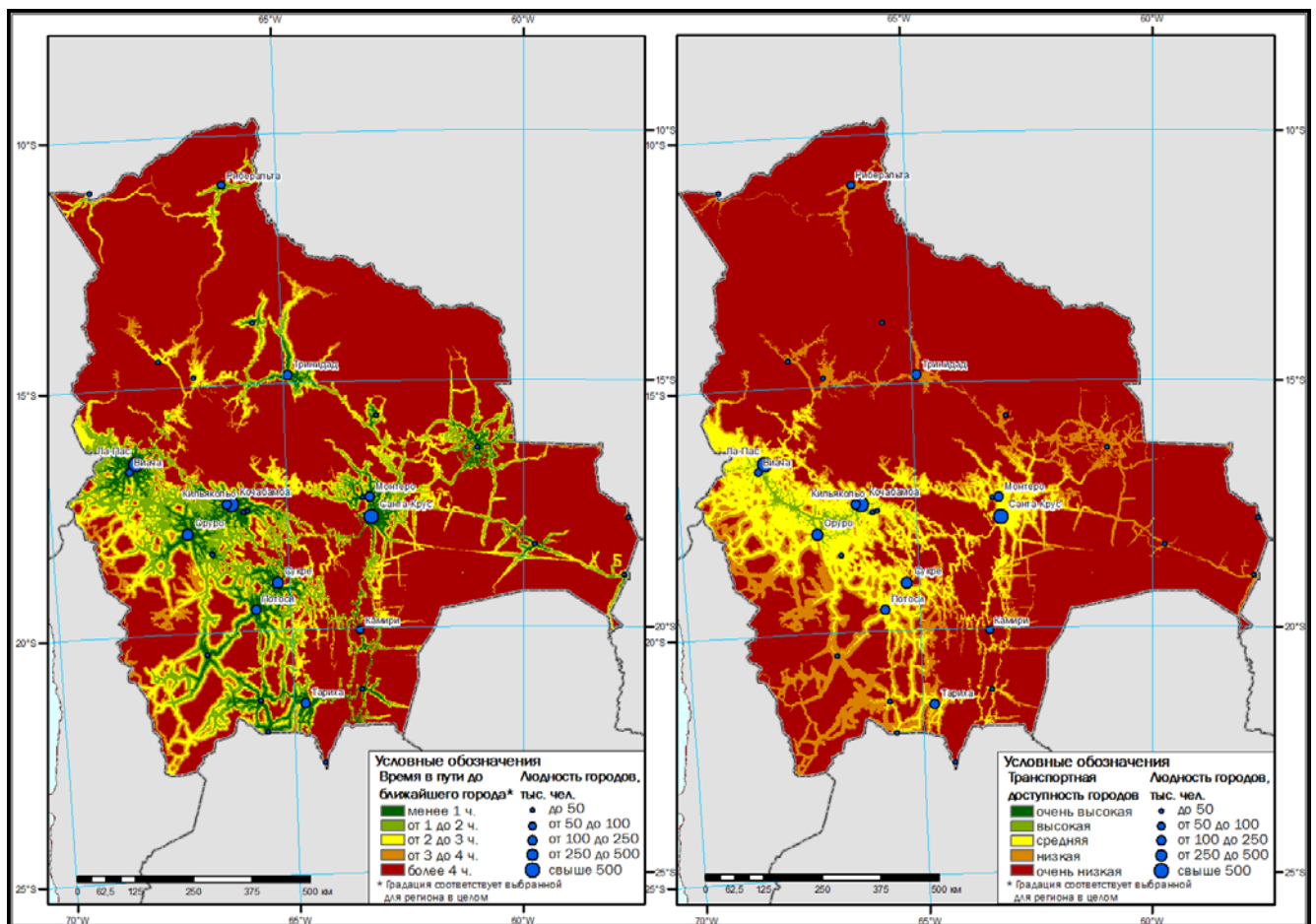


Рис. 83. Транспортная доступность городов Боливии при оценке методом изолиний (слева) и потенциалов (справа). Составлено автором

Очертания территории с повышенными значениями транспортной доступности при оценке методом изолиний имеет клиновидную форму. Углы его основания располагаются на границах с Перу (в районе оз. Титикака) и с Аргентиной (г. Вильясон), а острие проходит через крупнейший город страны Санта-Крус-де-ла-Сьерра и выходит к границе с Бразилией в районе Сан-Игнасио. При использовании метода потенциалов эта структура выражена слабее: она размывается на приграничных с Аргентиной и Бразилией территориях. В остальной части страны наблюдаются только ареальная и линейная пространственные структуры.

Наиболее высокие значения транспортной доступности городов при использовании обоих методов имеет широкая полоса, проходящая от границы с Перу в районе оз. Титикака на северо-западе до городов Потоси и Сукре на юго-востоке, а также окрестности города Санта-Крус.

Пространственная дифференциация показателя при оценке методом потенциалов характеризуется плавным переходом от высоких значений к низким. Территории с промежуточными значениями транспортной доступности городов имеют существенные доли в общей площади страны. Коэффициент K_a для Боливии равен 0,80.

4.3.8.2. Чили

Распределение значений показателя транспортной доступности городов по территории Чили при оценке методом изолиний, в целом, схоже с распределением для всего континента. Наблюдается небольшая асимметрия в сторону повышенного уровня. Коэффициент K_a для Чили равен 40%.

Учитывая вытянутую конфигурацию территории страны и высокую плотность автомобильных дорог, Чили обладает высокими значениями транспортной доступности городов (рис. 81). Исключение составляет материковая и островная часть страны, расположенная южнее о. Чилоэ. Она имеет низкий уровень показателя.

Сеть автомобильных дорог на участке территории Чили от столичной агломерации на севере до г. Пуэрто-Монт на юге имеет настолько большую густоту, что при использовании обоих методов оценки транспортной доступности способствует формированию сплошной площадной пространственной структуры. В случае использования метода изолиний она вся имеет очень высокие значения показателя. Метод потенциалов позволяет разделить ее на три широтные части: от Сантьяго до Тальки – очень высокие значения, от Тальки до Вальдивии – высокие, от Вальдивии до Пуэрто-Монта – средние.

Плотность и людность городов к северу от Сантьяго ниже, чем на участке к югу от него. При проведении расчетов методом изолиний на этой территории сохраняется сетчатый и сетчато-ареальный тип пространственной структуры с высоким уровнем значений показателя около городов. Однако при использовании метода потенциалов для части Чили между городами

Арика на севере и Ла-Серена на юге показатель транспортной доступности городов обладает низким и очень низким уровнем.

Преимущественно за счет разделения площадной пространственной структуры на три сопоставимые по площади части при оценке методом потенциалов, в Чили осуществляется наиболее плавный в регионе переход от высоких к низким значениям транспортной доступности городов. Коэффициент K_a в этой стране составляет 0,57.

* * *

В заключительной главе нашего исследования осуществлено применение на территории Южной Америки двух методов оценки транспортной доступности городов, наиболее подходящих для экономико-географических исследований в условиях ограниченной статистической информации. Результаты отображают общие тенденции в концентрации повышенных значений показателей в центральной части Аргентины, юго-востоке Бразилии и горной части Колумбии. Однако между ними есть и серьезные различия. Транспортная доступность территорий, удаленных от ареалов расположения городов с высокой людностью, выше при расчете методом изолиний. Высокие значения показателя при оценке методом потенциалов характеризуются большей пространственной концентрацией, чем при использовании метода изолиний.

Анализ составленных карт позволил нам выделить следующие типы пространственных структур распространения транспортной доступности городов: площадной, сетчатый, линейный, ареальный, сетчато-ареальный и линейно-ареальный.

На основе данных пространственной дифференциации территории по уровню транспортной доступности городов создана типология стран. Она учитывает соотношение долей территории с различными значениями показателя. Страны Южной Америки представлены в шести из семи выделенных типов.

При написании этой главы автор не пытался осуществить всеобъемлющий анализ изменчивости транспортной доступности городов на территории Южной Америки. Функцией этой главы являлось отражение возможных направлений применения оценки показателя, которые могут служить базой для проведения дальнейших исследований по анализу пространственной дифференциации транспортной доступности, в том числе страноведческих.

Заключение

В работе изучена эффективность разных методов оценки уровня транспортной доступности, разработанных отечественными и зарубежными специалистами в области географии, экономики, транспорта, математики и других наук. На основе проведенного анализа разработан авторский подход к оценке транспортной доступности и учету меры преодоления пространства. Он учитывает количественные и качественные характеристики транспортной сети и населенных пунктов, влияние государственных границ и физико-географические особенности территории.

В ходе исследования достигнуты цель и задачи, поставленные во введении к работе, и получены следующие результаты.

1. Анализ более ста методов оценки транспортной доступности, опубликованных за последние 70 лет, позволил автору выделить среди них несколько групп в зависимости от подходов к расчету: топологические, оценки пространственного разграничения, изолиний, потенциалов, инверсионных балансов и пространственно-временные.

Топологические методы и методы оценки пространственного разграничения являются самыми простыми для расчета, однако отсутствие учета весов начальных и конечных точек и слабое вовлечение в расчет особенностей преодоления пространства ограничивают их применение.

Методы изолиний обладают преимуществами высокой наглядности и простоты восприятия полученной информации, а их основным недостатком является субъективность при выборе многих критериев для анализа.

Методы инверсионных балансов позволяют более реалистично оценить доступность, если важен учет взаимодействия между начальными и конечными пунктами. Редкость их применения вызвана сложностью расчета, получения исходной информации и интерпретации полученных результатов.

Пространственно-временные методы наиболее точно оценивают доступность выбранных объектов для индивидов и их групп, однако первичная информация для них обычно получается в ходе обширных социологических опросов. Это сужает пространственный охват исследования и усложняет проведение расчетов.

Методы потенциалов обладают высокой адаптивностью к целям исследования, не требуют значительной исходной информации и учитывают веса конечных пунктов. К их недостаткам можно отнести субъективность при выборе функции меры преодоления расстояния.

2. Для отбора примеров, участвующих в сравнении эффективности методов оценки транспортной доступности, составлена типология стран Южной Америки по особенностям пространственной организации их транспортного сообщения. Она включает следующие типы:

- страны с относительно равномерным транспортным покрытием территории (Аргентина, Уругвай);
- страны с сильными территориальными диспропорциями развития транспортной сети и наибольшей ее плотностью на прибрежных территориях (Бразилия, Венесуэла, Чили);
- страны с сильными территориальными диспропорциями развития транспортной сети и наибольшей ее плотностью на горных территориях (Колумбия, Перу, Эквадор);
- страны, не имеющие выхода к морю (Боливия, Парагвай);
- страны со слабым развитием транспортной системы (Гайана, Суринам, Французская Гвиана).

3. На примере пяти стран региона (Уругвай, Венесуэла, Эквадор, Боливия и Гайана) проведено сравнение эффективности различных методов оценки транспортной доступности городов: топологического, оценки пространственного разграничения, изолиний и пяти вариантов метода потенциалов. Все они оказались нетребовательными к исходным данным, что позволяет применять их в условиях ограниченной статистической информации о территории изучения.

Возможность использования многих методов зависит от масштабов исследования. На примере небольших стран и их частей допустимо применение их значительно более широкого круга. Показатели большинства методов оценки транспортной доступности, в которой используется мера преодоления пространства, отличная от расстояния (время в пути, издержки и др.), зависят от расчлененности рельефа страны и густоты транспортной сети.

Топологический метод оценки транспортной доступности обладает очень специфической сферой применения: он может использоваться только в исследованиях транспортной сети и ее особенностей. В связи с отсутствием учета расстояния между точками, при его применении в общих работах по оценке транспортной доступности получаются противоречивые результаты, которые порой являются обратными по отношению к расчетам другими методами.

Метод оценки пространственного разграничения не учитывает людность населенных пунктов. Часто он дает завышенные показатели доступности городов с очень низкой вариативностью. Данные, полученные при применении этого метода, не коррелируют с результатами других методов

Метод изолиний хорошо выполняет свою функцию, если необходимо оценить транспортную доступность ближайших к начальному пункту населенных пунктов. Их людность при этом значения не имеет.

При необходимости учета веса конечных пунктов наиболее релевантным для исследования транспортной доступности городов в масштабе страны и региона является метод потенциалов, использующий функцию меры преодоления расстояния, снижающуюся на небольшом расстоянии от конечных пунктов плавно, а затем – более резко. Влияние людности населенных пунктов должно быть не столь выражено, как в случае прямой зависимости.

4. В результате применения методов изолиний и потенциалов для оценки транспортной доступности городов Южной Америки выявлены следующие типы пространственных структур распространения значений показателя: площадная, сетчатая, линейная, ареальная, сетчато-ареальная и линейно-ареальная.

Площадная пространственная структура транспортной доступности характеризуется высоким уровнем значения показателя на всей территории с низкими его колебаниями.

При сетчатой пространственной структуре повышенная транспортная доступность формирует относительно равномерную по размеру ячеек сетку, внутри которой значения показателя уровня доступности ниже. В ней отсутствуют территории с существенно более высокими значениями показателя, чем на сторонах сетки.

Линейная пространственная структура характеризуется наличием узкой полосы повышенных значений транспортной доступности. Территория вокруг этой полосы имеет низкий уровень значений показателя.

При ареальной пространственной структуре вокруг одного или нескольких городов формируется небольшая по площади зона повышенной транспортной доступности, не связанная или слабо связанная с остальными ареалами высоких значений показателя в регионе.

Сетчато-ареальная пространственная структура характеризуется сочетанием ареалов высоких значений показателя и равномерной сетки, стороны которой обладают высоким уровнем доступности, а территория между ними – низким.

Для линейно-ареальной пространственной структуры свойственно наличие «нанизанных» на одну линию городов. Вокруг них присутствует разветвленная сеть автодорог и формируется ареал высокой транспортной доступности. Города связаны относительно узкими полосами повышенных значений показателя.

5. Страны Южной Америки можно подразделить на типы в соответствии с характером пространственной дифференциации их территории по уровню транспортной доступности городов.

Типология основана на двух показателях:

- доля в общей площади страны территории, значение транспортной доступности на которой соответствует третьему и четвертому квартилю распределения показателя для континента в целом при оценке методом изолиний;

- отношение площади территории, значение транспортной доступности городов на которой соответствует первому квартилю, к площади, соответствующей второму квартилю при оценке методом потенциалов.

В зависимости от соотношения значений этих показателей выделяются следующие типы:

1. страны с низким уровнем транспортной доступности городов (Гайана, Суринам, Французская Гвиана);
2. страны со значительными территориальными диспропорциями в транспортной доступности городов и сильной концентрацией высоких значений показателя (Колумбия);
3. страны со значительными территориальными диспропорциями в транспортной доступности городов и средней концентрацией высоких значений показателя (Бразилия, Венесуэла, Перу);
4. страны со значительными территориальными диспропорциями в транспортной доступности городов и низкой концентрацией высоких значений показателя (представители этого типа в Южной Америке отсутствуют);
5. страны с высоким уровнем транспортной доступности городов и сильной концентрацией высоких значений (Уругвай, Эквадор);
6. страны с высоким уровнем транспортной доступности городов и средней концентрацией высоких значений (Аргентина, Парагвай);
7. страны с высоким уровнем транспортной доступности городов и слабой концентрацией высоких значений (Боливия, Чили).

6. В ходе исследования для отображения полученных результатов и анализа пространственной дифференциации явлений построено 212 карт стран и региона в целом.

Результаты исследования могут служить методической основой работ, посвященных исследованию транспортной доступности различных территорий и городов, страноведческих работ. Сравнительный анализ подходов к ее оценке позволяет осуществить выбор оптимального для исследования метода и стимулировать расширение количества работ по этой тематике в нашей стране. Кроме того, работа может быть использована при разработке стратегий развития различных территорий и транспортной инфраструктуры на них, при выборе места размещения объектов промышленности и сферы услуг, а также в страноведческих работах.

В ходе нашего исследования получены следующие выводы и положения, которые мы выносим на защиту.

1. Методы оценки транспортной доступности в зависимости от подхода к расчету разделяются на *следующие группы*: топологические, оценки пространственного разграничения, изолиний, потенциалов, инверсионных балансов и пространственно-временные. Учет различных зависимостей в них предопределяет различия в результатах оценки и разграничивает сферу применения методов.

2. Все рассмотренные методы используются для оценки единой реальности – транспортной доступности городов, но ни один из них не способен отразить ее в полном объеме. Изученные методы имеют право на существование и, в зависимости от поставленных задач, отражают отдельные стороны реальности. Это доказывает наличие *релятивизма* в процессе оценки транспортной доступности городов.

3. *Методы изолиний и потенциалов* наилучшим образом дифференцируют территорию по уровню транспортной доступности городов при ее оценке на масштабе стран и регионов в условиях ограниченной исходной информации.

4. *Авторская методика оценки транспортной доступности городов* позволяет использовать дифференцированный подход к определению меры преодоления расстояния, учитывающий несколько факторов: особенности размещения автодорожной сети, расположение судоходных участков рек, озер и каналов, физико-географические характеристики территории, размещение и людность городов, барьерную и контактную функции государственных границ. Этот подход может применяться при расчетах с использованием большинства из рассмотренных методов.

5. В результате оценки транспортной доступности городов Южной Америки методами изолиний и потенциалов формируется несколько *типов пространственных структур* значений показателя: площадная, сетчатая, линейная, ареальная, сетчато-ареальная и линейно-ареальная. В соответствии с пространственной дифференциацией значений показателя определены *следующие типы стран*: по уровню транспортной доступности территории – страны с низким уровнем, страны со значительными территориальными диспропорциями, страны с высоким уровнем; по характеру распределения высоких значений - страны с сильной концентрацией высоких значений, страны со средней концентрацией высоких значений, страны с низкой концентрацией высоких значений. Типология является универсальной и подходит для любых территорий на любых масштабах.

Список литературы

1. **Бугроменко В.Н.** Транспорт в территориальных системах. М.: Наука, 1987.
2. **Дубовик В.О.** Методы оценки транспортной доступности территории // Региональные исследования. 2013. №4 (42). С. 11–18.
3. **Дубовик В.О.** Оценка транспортной доступности городов Уругвая и Боливии // Вестник Московского университета. Серия География. 2014. № 3. С. 57–63.
4. **Дубовик В.О.** Оценка транспортной доступности территории // Труды научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием «Регион – 2014: суспільно-географічніаспекти». – Харьков, 2014. С. 57–61.
5. **Дубовик В.О.** Транспортная система Аргентины // Бюллетень транспортной информации. 2014. № 4 (226). С. 32–37.
6. **Дубовик В.О.** Транспортные системы стран Южной Америки // География в школе. 2014. № 5. С. 13–27.
7. **Дубовик В.О.** Факторы формирования транспортных тарифов // Бюллетень транспортной информации. 2013 № 9 (219). С. 34–37.
8. **Кириллов П.Л., Махрова А.Г.** Субурбанизация в Московском столичном регионе: современное и перспективное состояние // Региональные исследования. 2009. № 4–5 (25). С. 42–54.
9. **Мозгунов Н.А.** Сельский туризм как фактор развития территории (на примере Орловской области) // Региональные исследования. 2010. № 2 (28). С. 69–82.
10. **Тюнел И.Г.** Уединенное государство в отношении к общественной экономии. М.: Инфра-М, 2011.
11. **Цыренова И.Ж.** Сравнительная оценка туристско-рекреационного потенциала национальных парков Байкальского региона // Региональные исследования. 2011. № 4 (34). С. 81–87.
12. **Allen W.B., Liu D., Singer S.** Accessibility measures of U.S. Metropolitan Areas // Transportation Research, Part B. 1993. Vol. 27B, No. 6. P. 439–449.
13. **Azevedo Raia Junior A.** Acessibilidade e Mobilidade na Estimativa de um Índice de Potencial de Viagens Utilizando Redes Neurais Artificiais e Sistemas de Informações Geográficas. São Carlos, 2000.
14. **Bartolome R.I. Cáceres A.M.** La accesibilidad a las redes de transporte como instrumento de evaluación de cohesión económica y social // Transporte y Comunicaciones. 1992. Vol. 56. P. 33–56.
15. **Ben-Akiva M., Lerman S.R.** Disaggregate travel and mobility choice models and measures of accessibility. // Hensher, D.A., Sopher, P.R. (Eds.), Behavioural Travel Modelling. Croom Helm. 1979. P. 654–679.
16. **Black J., Conroy M.** Accessibility measures and the social evaluation of urban structure // Environment and Planning. 1977. A9. Vol. 9. P. 1013–1031.
17. **Breheny M.J.** The measurement of spatial opportunity in strategic planning // Regional Studies. 1978. Vol. 12 (4). P. 463–479.
18. **Bruinsma F., Rietveld P.** The accessibility of European cities; theoretical framework and comparison of approached. // Environment and Planning 1998. A30. P. 499–521.

19. **Burns L.D.** Transportation, Temporal and Spatial Components of Accessibility. Lexington Books, Lexington/Toronto: Lexington Books. 1979.
20. **Calvet M.T.** La accesibilidad, criterio básico para el desarrollo de un sistema de transportes eficaz, sostenible y cohesivo // Revista Accesibilidad y Territorio. 1996. Vol. 1. P. 18–27.
21. **Dalvi M.Q., Martin K.M.** The measurement of accessibility: some preliminary results // Transportation Journal. 1976. Vol. 5, No. 1. P. 17–42.
22. **Darden J.T., Tabachbeck A.S., Raine J.** Algorithm 8: Graphic and mathematical descriptions of inequality, dissimilarity, segregation, or concentration // Environment and Planning. 1980. A12. Vol. 2. P. 227–234.
23. **Davidson K.B.** Accessibility in transport/land use modelling and assessment // Environment and Planning A. 1977. Vol. 9, No. 12. P. 1401–1416.
24. **Domanski R.** Accessibility, efficiency and spatial organization // Environment and Planning A. 1979. Vol. 11. P. 1189–1209.
25. Evolución del comercio negociado 1993–2012 y aprovechamiento de las preferencias arancelarias en 2012. Montevideo: ALADI, 2013.
26. Facilitación del Transporte en los Pasos de Frontera de Sudamérica // Iniciativa para la integración de la Infraestructura Regional Suramericana (IIRSA), 2010.
27. **Foster C.** The measurement of accessibility // Transportation. 1976. Vol. 5, No. 1. P. 43–44.
28. **Geertman S.C.M., Van Eck J.R.R.** GIS and models of accessibility potential: an application in planning // International Journal of Geographical Information Systems. 1995. Vol. 9. No. 1. P. 67–80.
29. **Geurs K.** Accessibility, Land Use and Transport. Delft: Eburon, 2006.
30. **Geurs K.T., Van Eck J.R.R.** Accessibility evaluation of land-use scenarios: the impact of job competition land-use and infrastructure developments for the Netherlands // Environment and Planning. 2003. B30. Vol. 1. P. 69–87.
31. **Geurs K.T., Van Eck J.R.R.** Accessibility measures: review and applications. Bilthoven. 2001.
32. **Geurs K.T., van Wee B.** Accessibility Evaluation of Land-Use and Transport Strategies: Review and Research Directions // Journal of Transport Geography. 2004. No. 12. P. 127–140.
33. **Gutiérrez J., Urbano P.** Accessibility in the European Union: the impact of the Trans-European road network // Journal of Transport Geography. 1996. Vol. 4, No.1. P. 15–25.
34. **Guy C.M.** The assessment of access to local shopping opportunities: a comparison of accessibility measures // Environment and Planning B. 1983. Vol. 10. P. 219–238.
35. **Hack J.S.** Land use transport interaction – a new approach to accessibility // Development Plans and Regional Strategies. Working Note. 1976. No. 151.
36. **Hägerstrand T.** What about people in regional science? Lund: Springer-Verlag, 1970.
37. **Handy S.L.** Regional versus Local Accessibility: Implications for Non-Work Travel // Transportation Research Board. 1993. No. 1400. P. 58–66.
38. **Handy S.L., Niemeier, D.A.** Measuring accessibility: an exploration of issues and alternatives // Environment and Planning A. 1997. Vol. 29. P. 1175–1194.
39. **Hansen W.G.** How accessibility shapes land-use // Journal of American Institute of Planners. 1959. Vol. 25, no. 2. P. 73–76.
40. **Hanson S., Schwab M.** Accessibility and intraurban travel // Environment and Planning A. 1987. Vol. 19. No. 6. P. 735–748.

41. **Hoggart K.** Transportation accessibility: some references concerning applications, definitions, importance and index construction // Council of Planning Librarians. 1973. Vol. 482. P. 735–748.
42. **Holst O.** Accessibility as the objective of public transportation planning: an integrated transportation and land use model // European Journal of Operational Research. 1979, Vol. 3, No. 4, P. 267–282.
43. **Ingram D.R.** The concept of accessibility: a search for an operational form // Regional Studies. 1971. Vol. 5, No.2. P. 101–107.
44. **Januário M.H.** Procedimento para determinação de índices de acessibilidade de transportes e tratamento cartográfico dos mesmos. Rio de Janeiro. 1995.
45. **Jones S.R.** Accessibility measures: a literature review. TRRL Report 967, Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, Berkshire. 1981.
46. **Joseph A.E., Bantock, P.R.** Measuring potential physical accessibility to general practitioners in rural areas: a method and case study // Social Science and Medicine. 1982. Vol. 16, P. 85–90.
47. **Keeble D., Owens P.L., Thompson C.** Regional Accessibility and Economic Potential in the European Community // Regional Studies. 1982. Vol. 16 (6). P. 419–432.
48. **Koenig J.G.** Les indicateurs d'accessibilité dans les études urbaines: de la théorie à la pratique // Revue Générale des Routes et des Aerodromes. 1977. Vol. 533. P. 5–23.
49. **Kwan M.-P.** Space–time and integral measures of individual accessibility: a comparative analysis using a point–based framework // Geographical Analysis. 1998. Vol. 30. No. 3. P. 191–216.
50. La brecha de la infraestructura en América Latina y el Caribe. Santiago de Chile: CEPAL, 2011.
51. **Lee M.S., Goulias K.G.** Accessibility indicators for transportation planning using GIS // Paper presented at 76th Annual Transportation Research Board Meeting. 1997.
52. **Lenntorp B.** Paths in space–time environments: a time–geographic study of movement possibilities of individuals. Lund, 1976.
53. **Leonardi G.** Optimum facility location by accessibility maximising // Environment and Planning A. 1978. No. 10. P. 1287–1305.
54. **Lima R.S., Silva A.N.R., Fagundes R.W.** Acessibilidade e evolução urbana em cidades médias brasileiras // Anais do Congresso de Ensino e Pesquisa em Transportes. 1998. Vol. 1, No. 12. P. 3–13.
55. **Lindemann F., Campos V.B.G., Gonçalves A.F.M.** Método de avaliação da acessibilidade viária e sua relação com o uso do solo // Anais do Congresso de Ensino e Pesquisa em Transportes. 1998. Vol. 1, No. 12. P. 457–468.
56. **Linneker B.J., Spence N.A.** Accessibility measures compared in an analysis of the impact of the M25 London orbital motorway on Britain // Environment and Planning A. 1992. Vol. 24. P. 1137–1154.
57. **Lloréns J.O.** Accesibilidad contra territorio // Revista Accesibilidad y Territorio. 1996. Vol. 2. P. 4–7.
58. **Lobato Corrêa R., Teixeira Marlene P.V.** Circulação intermunicipal de ônibus e sistemas de localidades centrais: um teste // Boletim geográfico. 1975. Vol. 33, No. 246. P. 17–22.
59. **Mackiewicz A., Ratajchak W.** Towards a new definition of topological accessibility // Transport Research, Part B. 1996. Vol. 30, No. 1. P. 47–79.
60. **Martínez F.J.** Access: the transport–land use economic link // Transportation Research, Part B. Vol. 29. No. 6. P. 457–470.

61. **McQuaid R.W., Leitham S., Nelson J.D.** Accessibility and location decisions in a peripheral region of Europe: a logit analysis // *Regional Studies*. 1996. Vol. 30, No. 6. P. 579–588.
62. **Meliço J.M.** Estudio de la accesibilidad territorial conferida por la red de carreteras de Portugal en los años 1985 y 1995 // *Rutas*. 1996. Vol. 1.
63. **Miller H.J.** Measuring Space–Time Accessibility Benefits within Transportation networks: Basic Theory and Computational Procedures // *Geographical analysis*. 1999. Vol. 31 (2). P. 187–212.
64. **Miller H.J.** Modelling Accessibility Using Space–Time Prism Concepts within Geographical Information Systems // *International Journal of Geographical Systems*. 1991. Vol. 5, No. 3. P. 287–301.
65. **Morris J.M., Dumble P.L., Wigan M.R.** Accessibility indicators for transport planning // *Transportation Research A*. 1979. Vol. 13. No. 2. P. 91–109.
66. **Neuburger H.** User benefits in the evaluation of transport and land–use plans // *Journal of Transport Economics and Policy*. 1971. No.5(1). P. 52–75.
67. **Niemeier D.A.** Accessibility: an evaluation using consumer welfare // *Transportation*. 1997. No. 24.. P. 377–396.
68. **Pirie G.H.** Measuring accessibility: a review and proposal // *Environment and Planning*. 1979. A11. Vol. 3. P. 299–312.
69. **Pirie G.H.** The possibility and potential of public policy on accessibility // *Transportation Research A*. 1981. Vol. 15. No. 5. P. 377–381.
70. Pogranicze polsko–słowackie : dostępność transportowa a turystyka. Więckowski M., Michniak D., Bednarek–Szczepańska M. et al. Warszawa – Bratysława. 2012.
71. **Pooler J.A.** The use of spatial separation in the measurement of transportation accessibility // *Transportation Research A*. 1995. Vol. 29A. No. 6. P. 421–427.
72. **Porta S., Scheurer J.** Centrality and Connectivity in Public Transport Networks and their Significance for Transport Sustainability in Cities // *World Planning Schools Congress, Global Planning Association Education Network*. Mexico DF. 2006.
73. **Reggiani A.** Il Sistema della Mobilità in Lombardia: Sperimentazioni di Modelli di Interazione Spaziale con Referimento alla Misura di Accessibilità. Milano, 1985.
74. **Richardson A.J., Young W.** A measure of linked–trip accessibility // *Transportation Planning and Technology*. 1982. Vol. 7, No. 2. P. 73–82.
75. **Rosado M.C., Ulysséa Neto I.** Determinação de índices de acessibilidade a serviços de educação utilizando sistema de informações geográficas // In: *Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, XIII. Anais. 1999. Vol. 1. P. 29–39.
76. **Rosik P.** Dostępność i mobilność w przestrzeni. Warszawa, 2012.
77. **Rosik P.** Motywacje podróży a dostępność potencjałowa gmin w Polsce // In: *Geographia Polonica*. 2011. Vol. 84. No. 2. P. 35–47.
78. **Sales Filho L.H.** Indicadores de acessibilidade: alguns aprimoramentos analíticos e seu uso na avaliação de redes estruturais de transporte urbano // *Congresso de pesquisa e ensino em transportes*, XI. Anais. Rio de Janeiro. 1995. Vol. 2. P. 985–996.
79. **Sanches S.P.** Acessibilidade: um indicador do desempenho dos sistemas de transporte nas cidades // In: *Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, X. Anais. 1996. P. 199–208.
80. **Sathisan S.K., Srinivasan N.** Evaluation of accessibility of urban transportation networks // *Transportation Research Record*. No. 1617. P. 78–83.

81. **Shen Q.** Location characteristics of inner-city neighbourhoods and employment accessibility of low-wage workers // *Environment and Planning B*. 1998. Vol. 25. No. 3. P. 345–365.
82. **Shimbel A.** Structural parameters of communication networks // *Bulletin of Mathematical Biophysics*. 1953. Vol. 15 (4). P. 501–507.
83. **Silva A.N.R., Lima R.S., Raia Jr. A.A., Waerden P.V.D.** Urban transportation accessibility and social inequity in a developing country // In Freeman P., Jamet C. eds. *Urban transport policy: a sustainable development tool*. Rotterdam. 1998.
84. **Song S.** Some tests of alternative accessibility measures: a population density approach // *Land Economics*. 1996. Vol. 72. No. 4. P. 474–482.
85. **Stegman M.A.** Accessibility models and residential location // *Journal of the American Institute of Planners*. 1969. Vol. 35. P. 22–29.
86. **Taaffe E.J., Gauthier H.L.** *Geography of transportation*. Englewood Cliffs, 1973.
87. **Törnqvist G.** *Contact systems and regional development*. Lund, 1970.
88. Unasur: Infraestructura para la integración regional. Santiago de Chile: CEPAL, 2011.
89. **Van Wee B., Hagoort M., Annema J.A.** Accessibility measures with competition // *Journal of Transport geography*. 2001. Vol. 9. P. 199–208.
90. **Vickerman R.W.** Accessibility, attraction, and potential: a review of some concepts and their use in determining mobility // *Environment and Planning A*. 1974. Vol. 6, No. 6. P. 675–691.
91. **Wachs M., Koenig J.G.** Behavioural modelling, accessibility, mobility and travel need // In: Hensher D.A., Stopher P.R. eds. *Behavioural travel modelling*. Croom Helm. 1979. P. 698–710.
92. **Wachs M., Kumagai T.G.** Physical accessibility as a social indicator // *Socio-Economic Planning Science*. 1973. Vol. 7. P. 437–456.
93. **Waerden P.V.D., Borgers A., Timmermans H., Smeets J., Silva A.N.R.** The validity of conventional accessibility measures: objective scores versus subjective // In: *Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, XIII. Anais*. 1999. Vol. 1. P. 40–49.
94. **Weibull J.W.** An axiomatic approach to the measurement of accessibility // *Regional Science and Urban Economics*. 1976. Vol. 6. P. 357–379.
95. **Weibull J.W.** On the numerical measurement of accessibility // *Environment and Planning A*. 1980. Vol. 30, No. 12. P. 53–67.
96. **Wilson A.G.** A family of spatial interaction models, and associated developments // *Environment and Planning*. 1971. Vol. 3, No. 1. P. 1–32.
97. *World Development Report* // The World Bank, 2014.
98. **Zakaria T.** Urban transportation accessibility measures: modifications and uses // *Traffic Quarterly*. 1974. Vol. 28, No. 3. P. 467–479.

Приложение

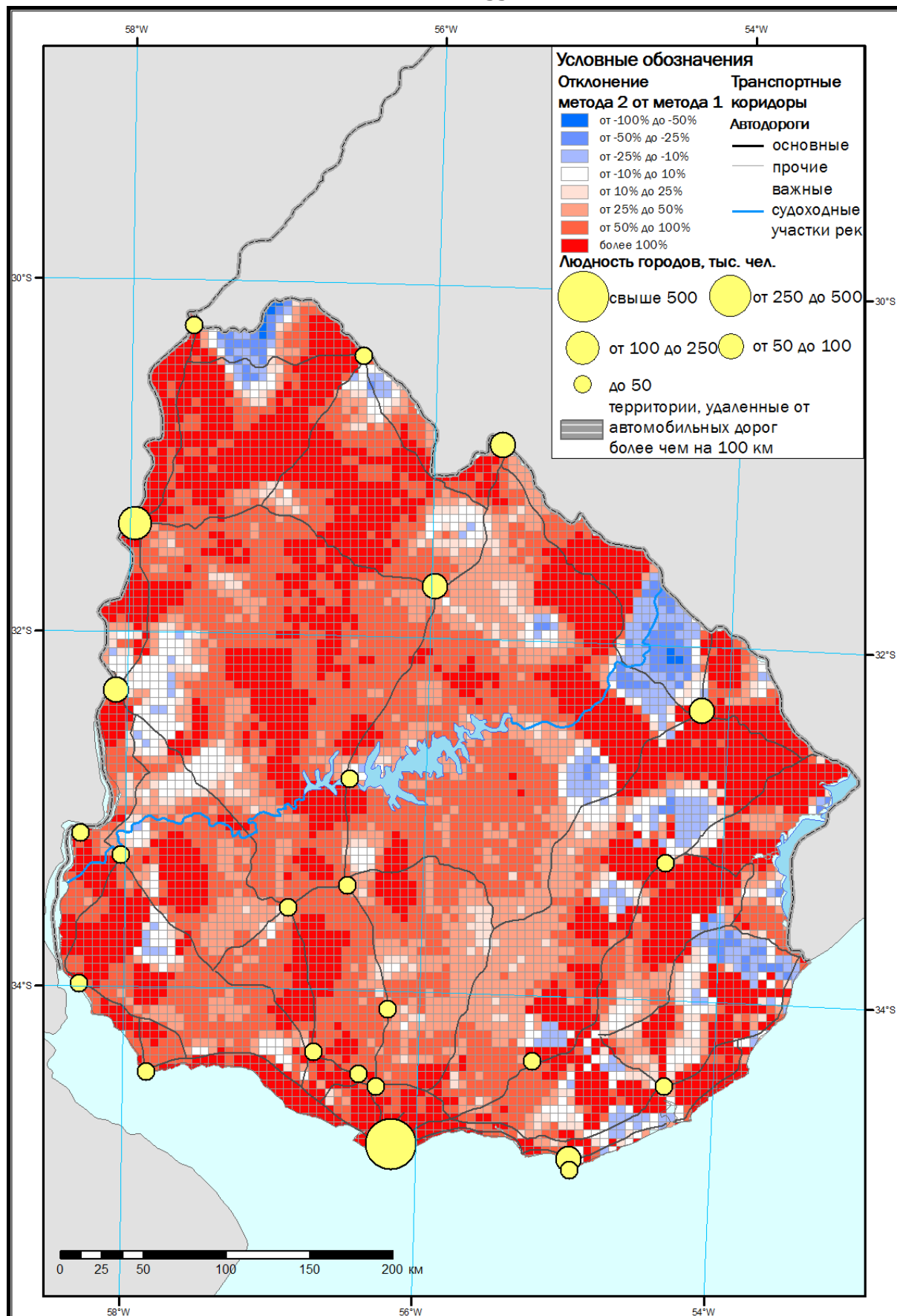


Рис. 1. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Уругвая топологическим методом и методом оценки пространственного разграничения. Составлено автором

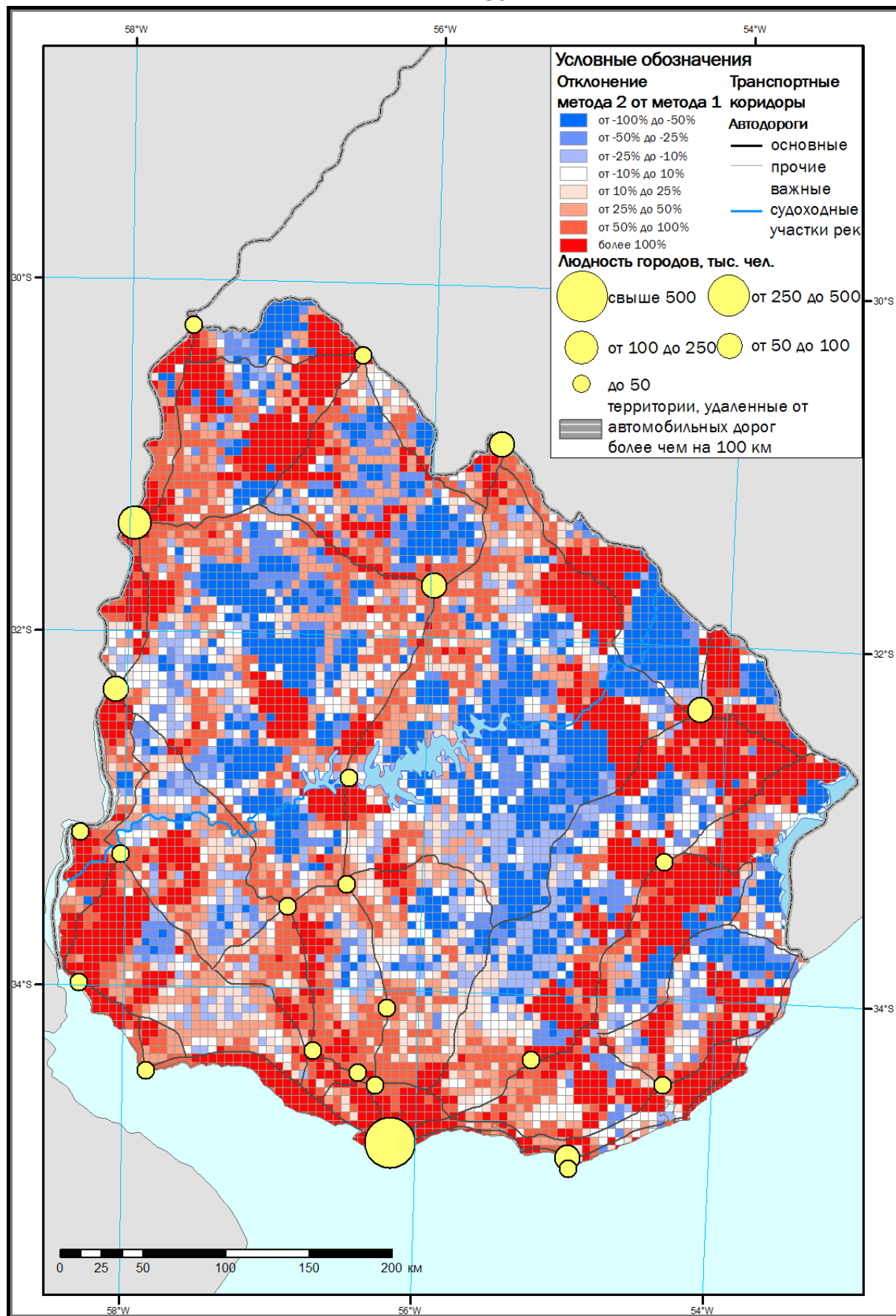


Рис. 2. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Уругвая топологическим методом и методом изолиний. Составлено автором

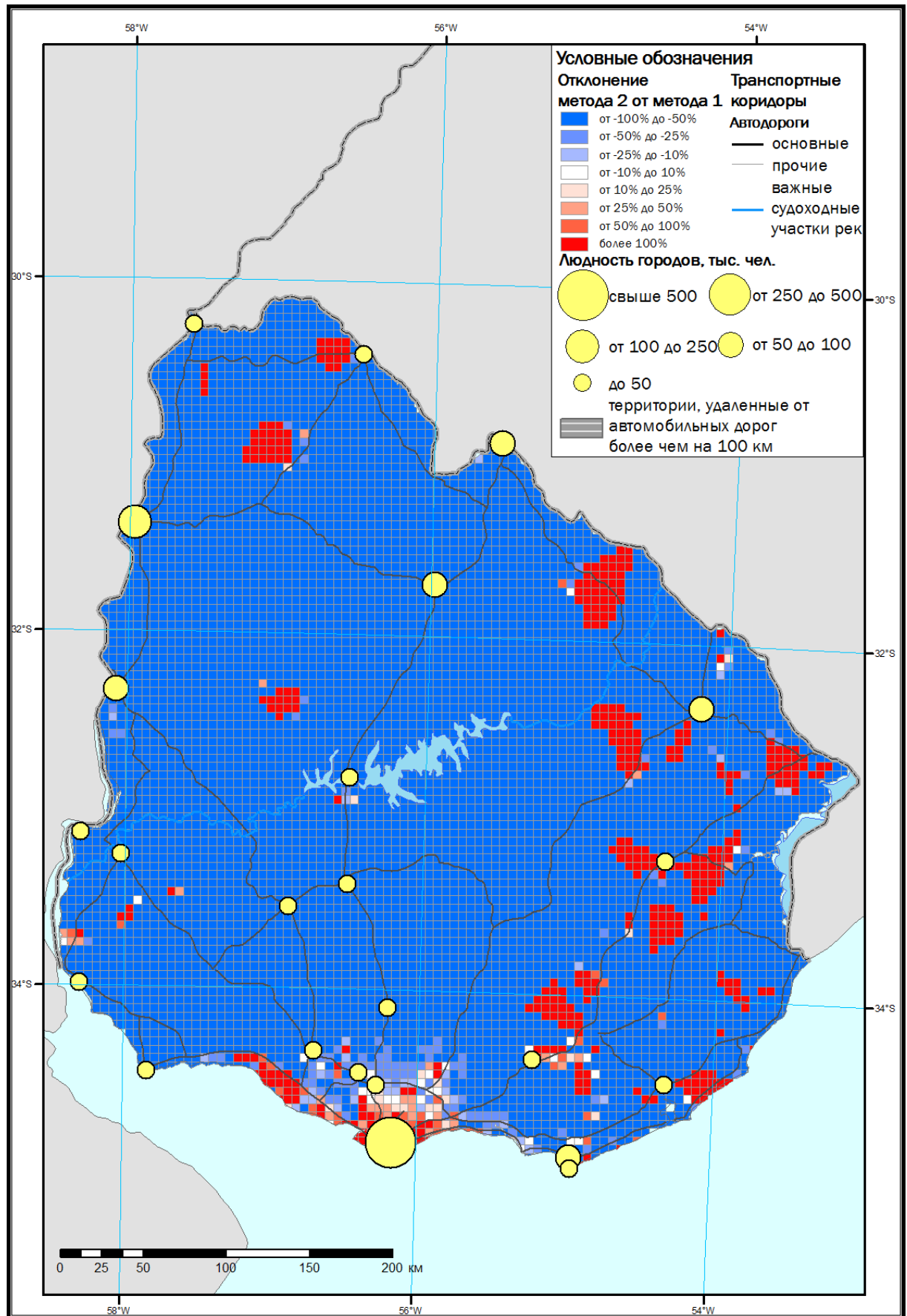


Рис. 3. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Уругвая топологическим методом и методом потенциалов 1. Составлено автором

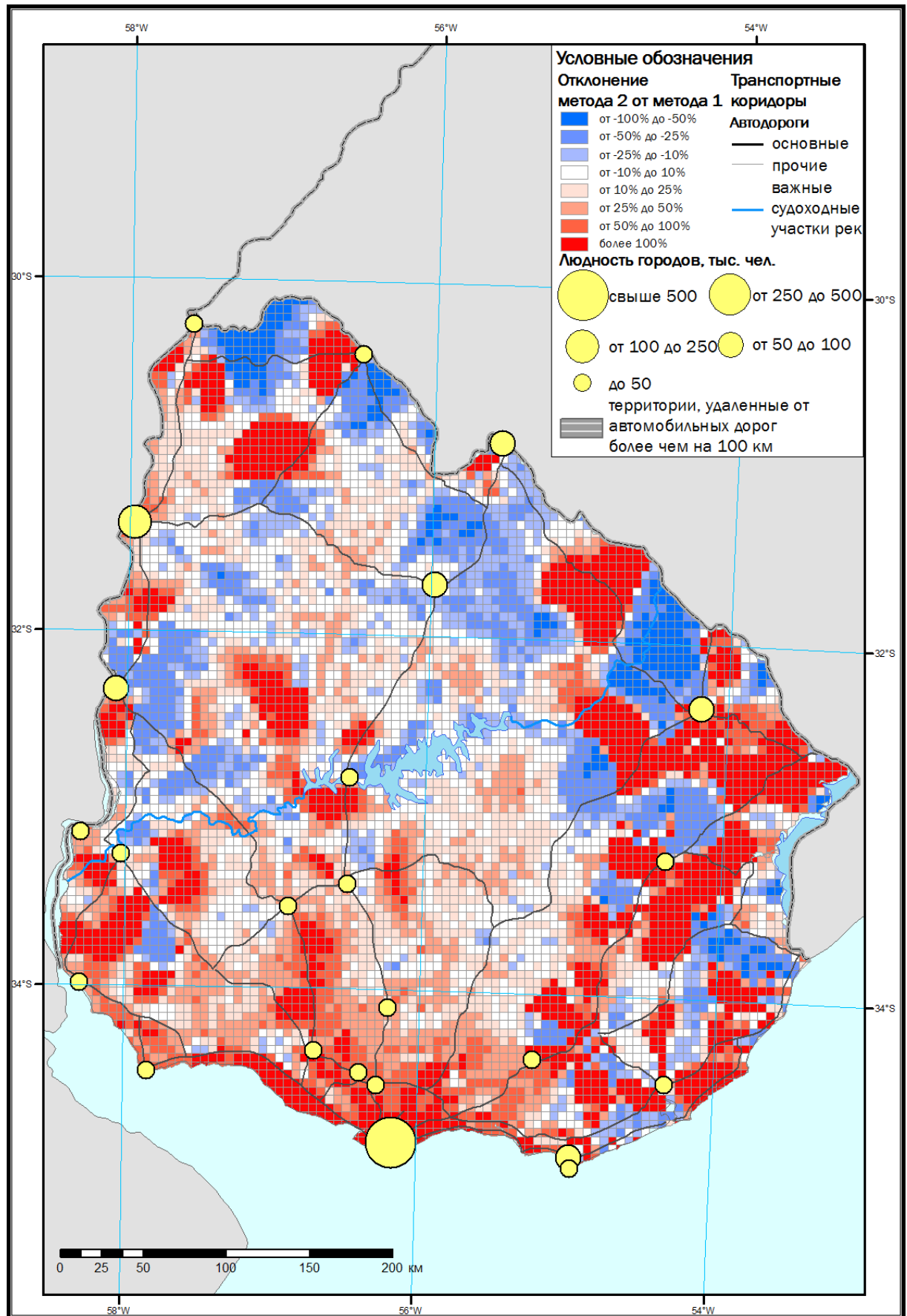


Рис. 4. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Уругвая топологическим методом и методом потенциалов 2. Составлено автором

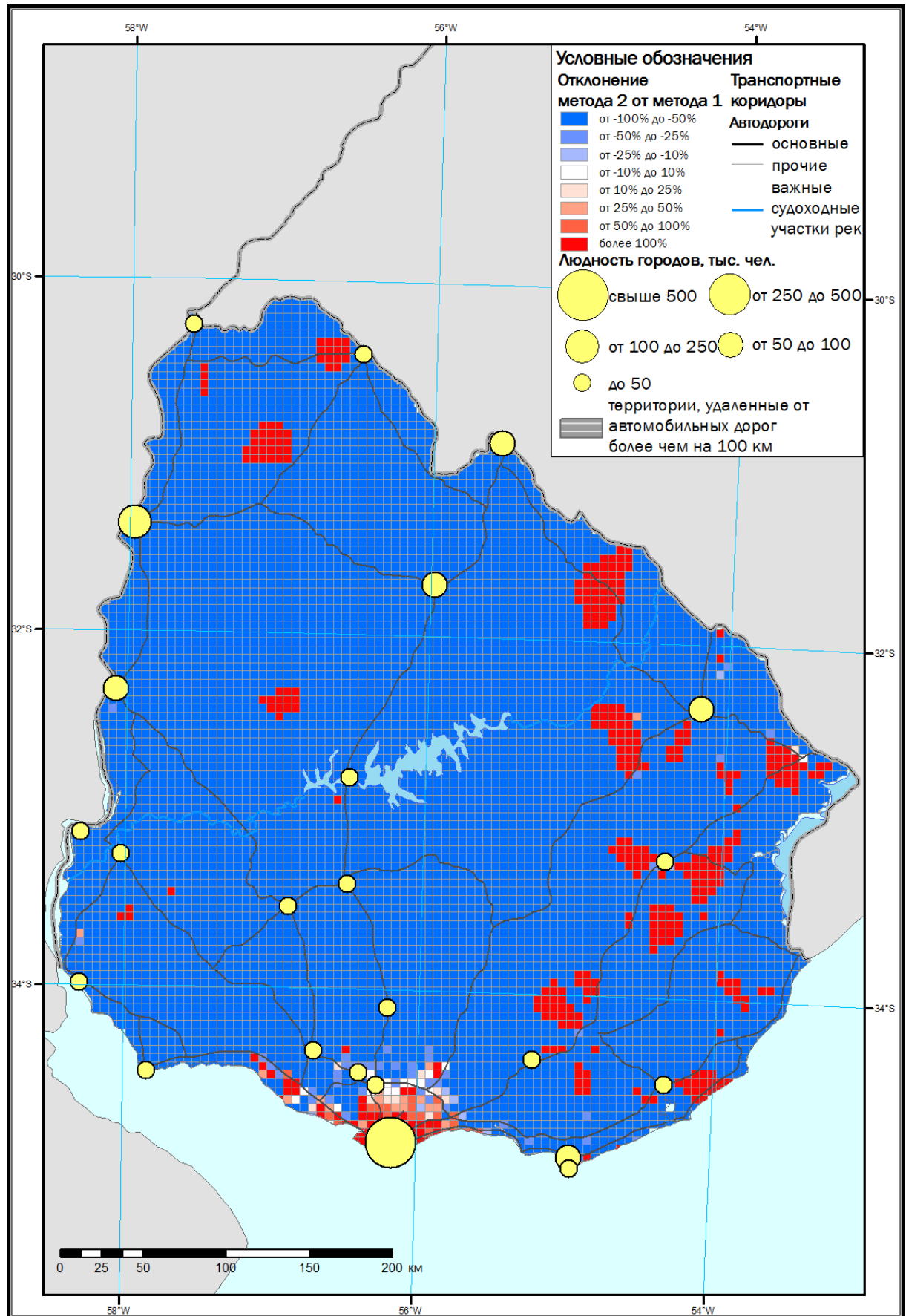


Рис. 5. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Уругвая топологическим методом и методом потенциалов 3. Составлено автором

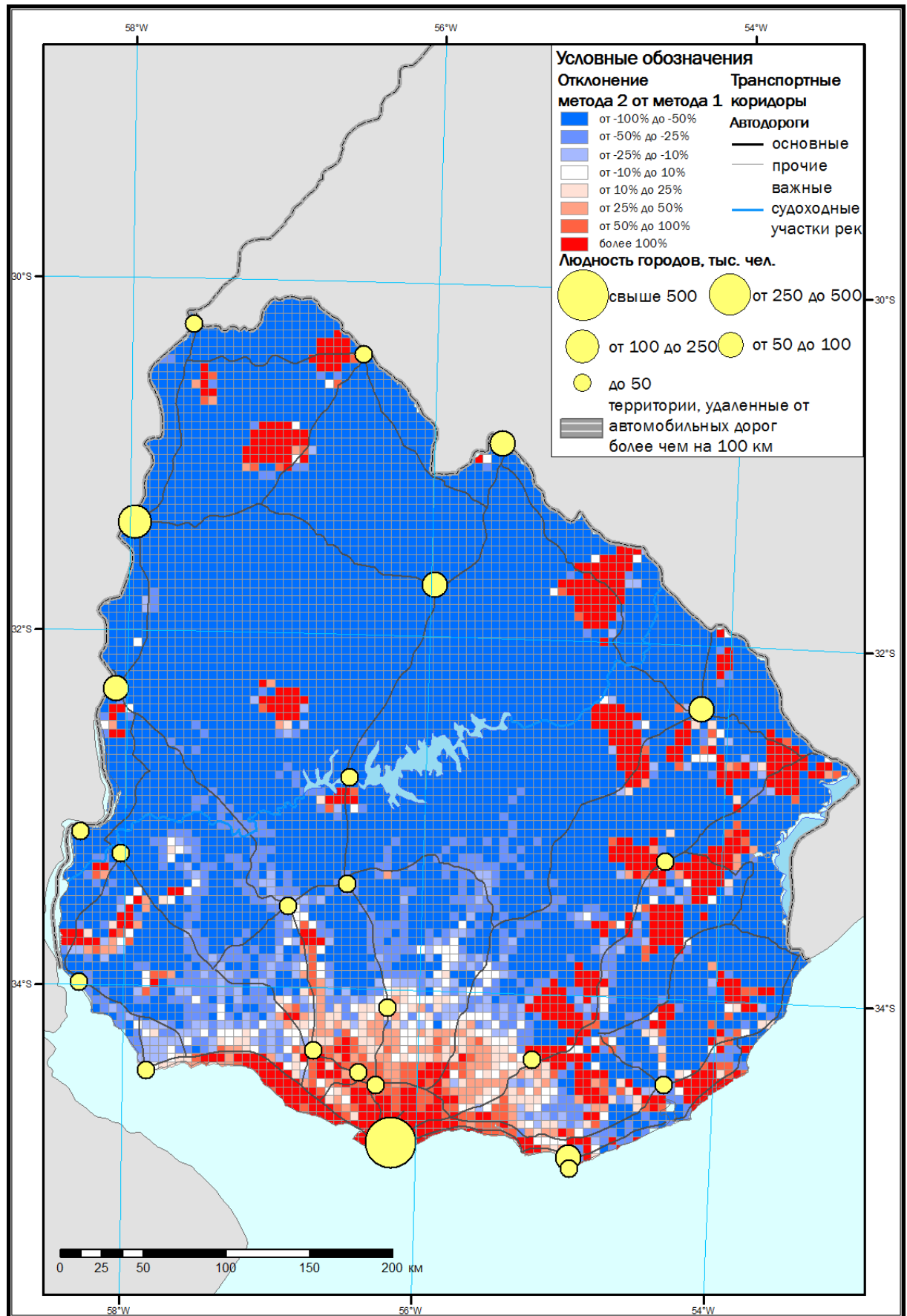


Рис. 6. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Уругвая топологическим методом и методом потенциалов 4. Составлено автором

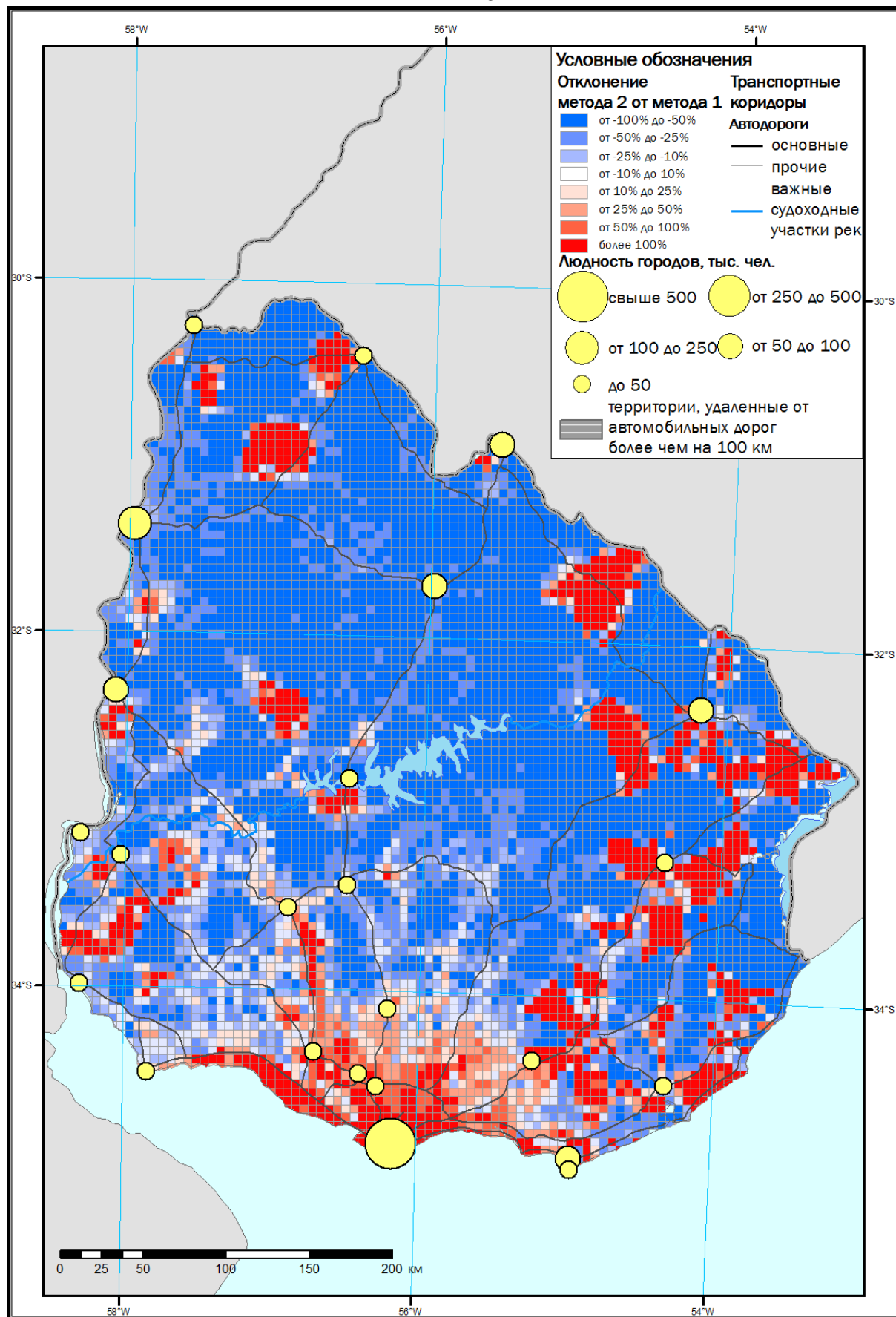


Рис. 7. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Уругвая топологическим методом и методом потенциалов 5. Составлено автором

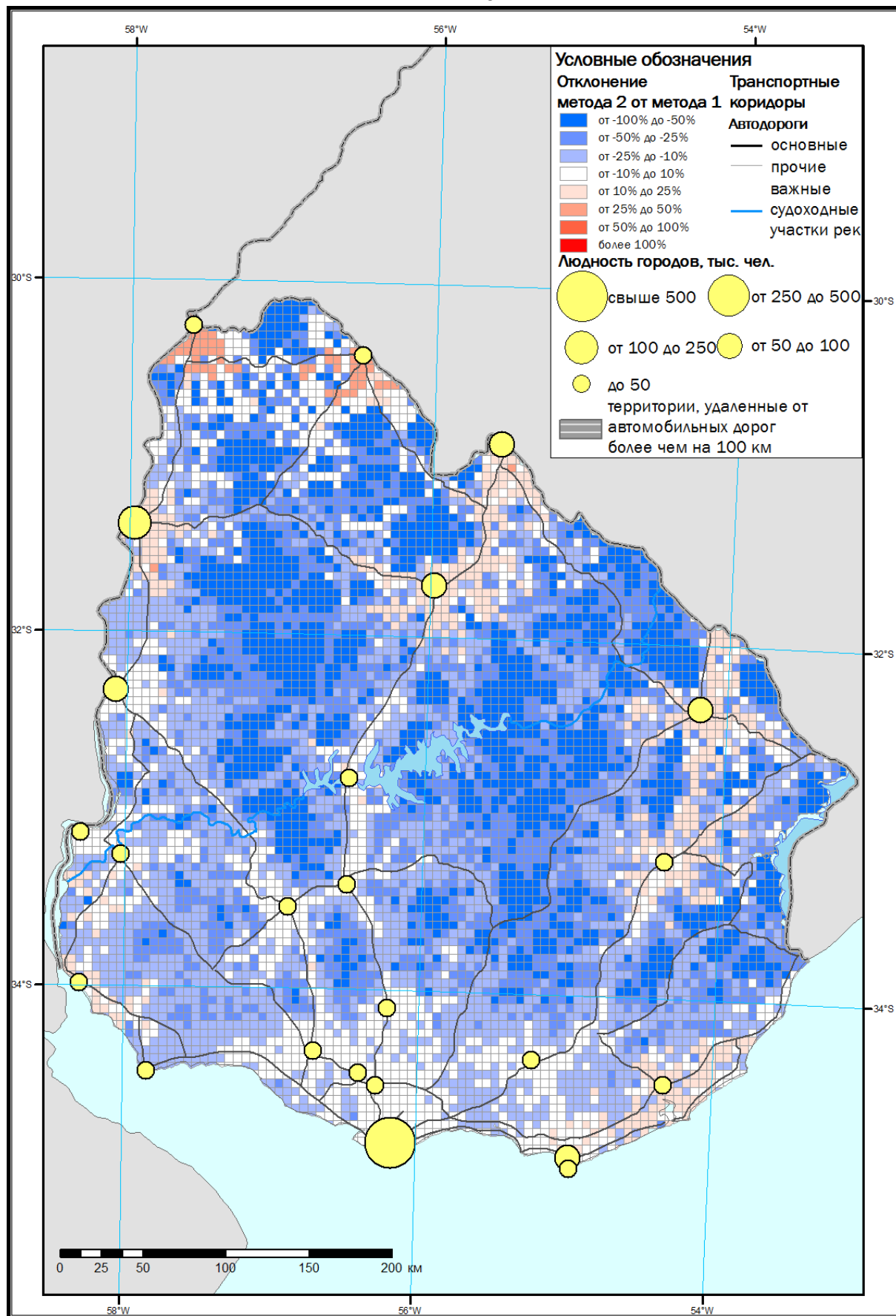


Рис. 8. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Уругвая методом оценки пространственного разграничения и методом изолиний. Составлено автором

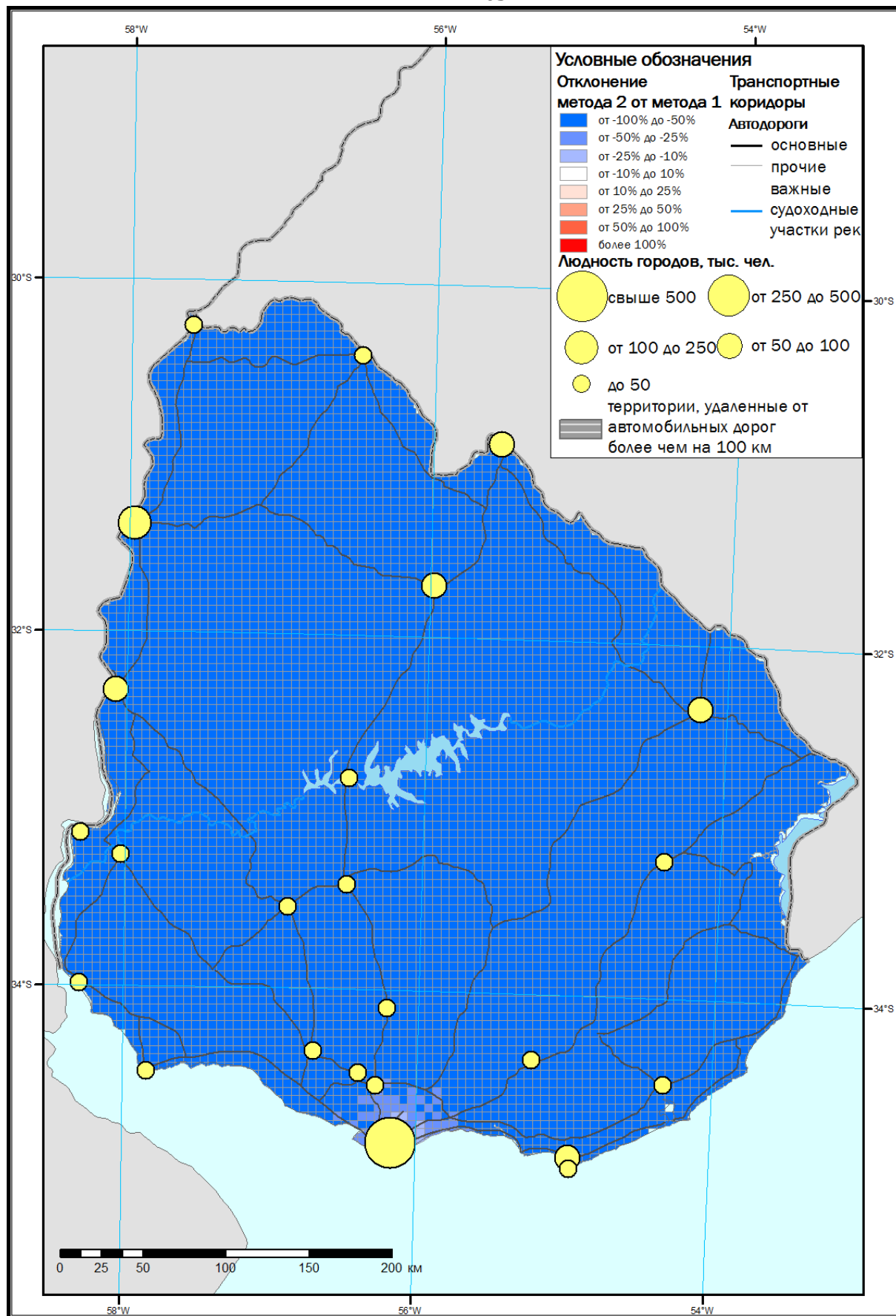


Рис. 9. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Уругвая методом оценки пространственного разграничения и методом потенциалов 1. Составлено автором

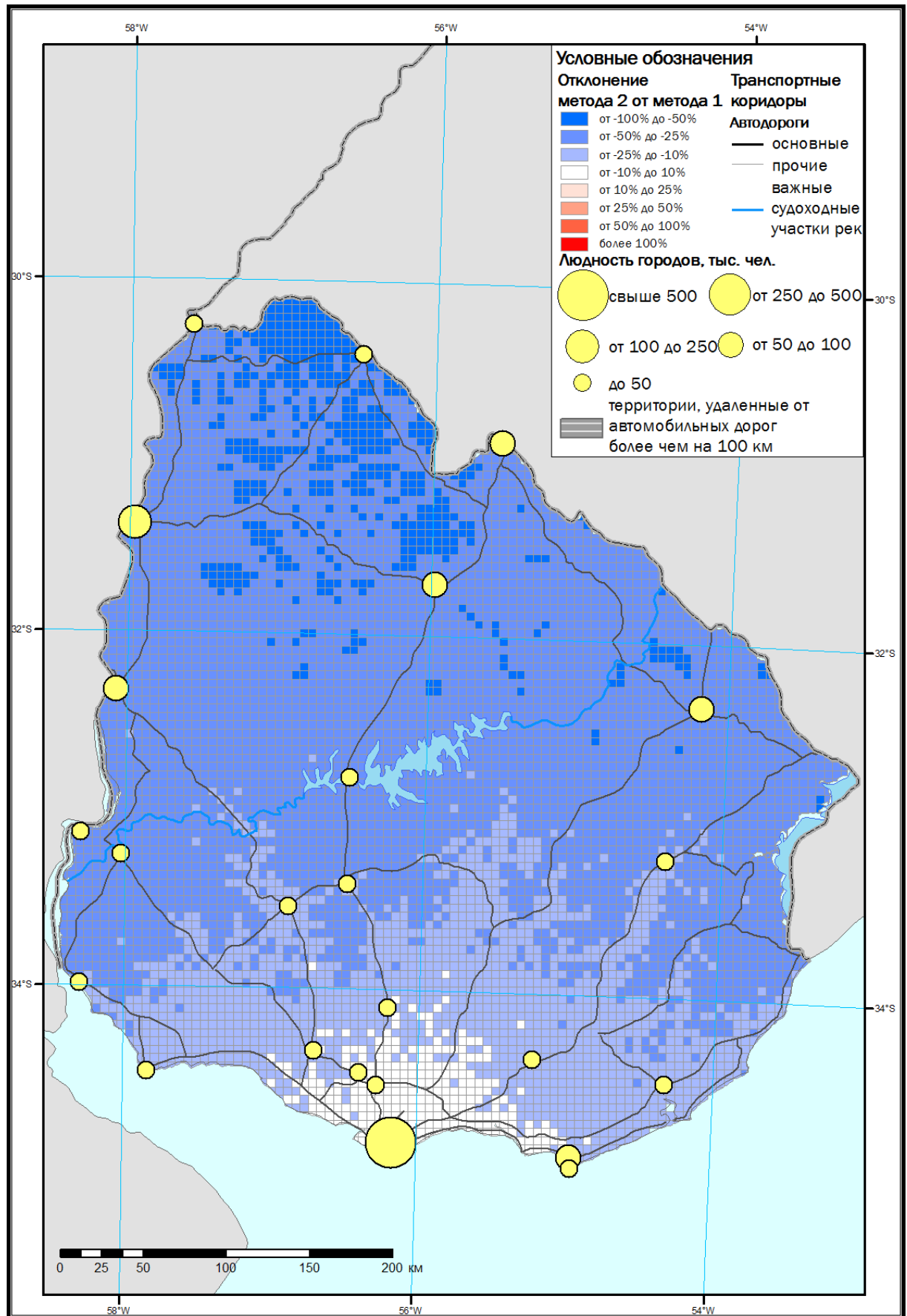


Рис. 10. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Уругвая методом оценки пространственного разграничения и методом потенциалов 2. Составлено автором

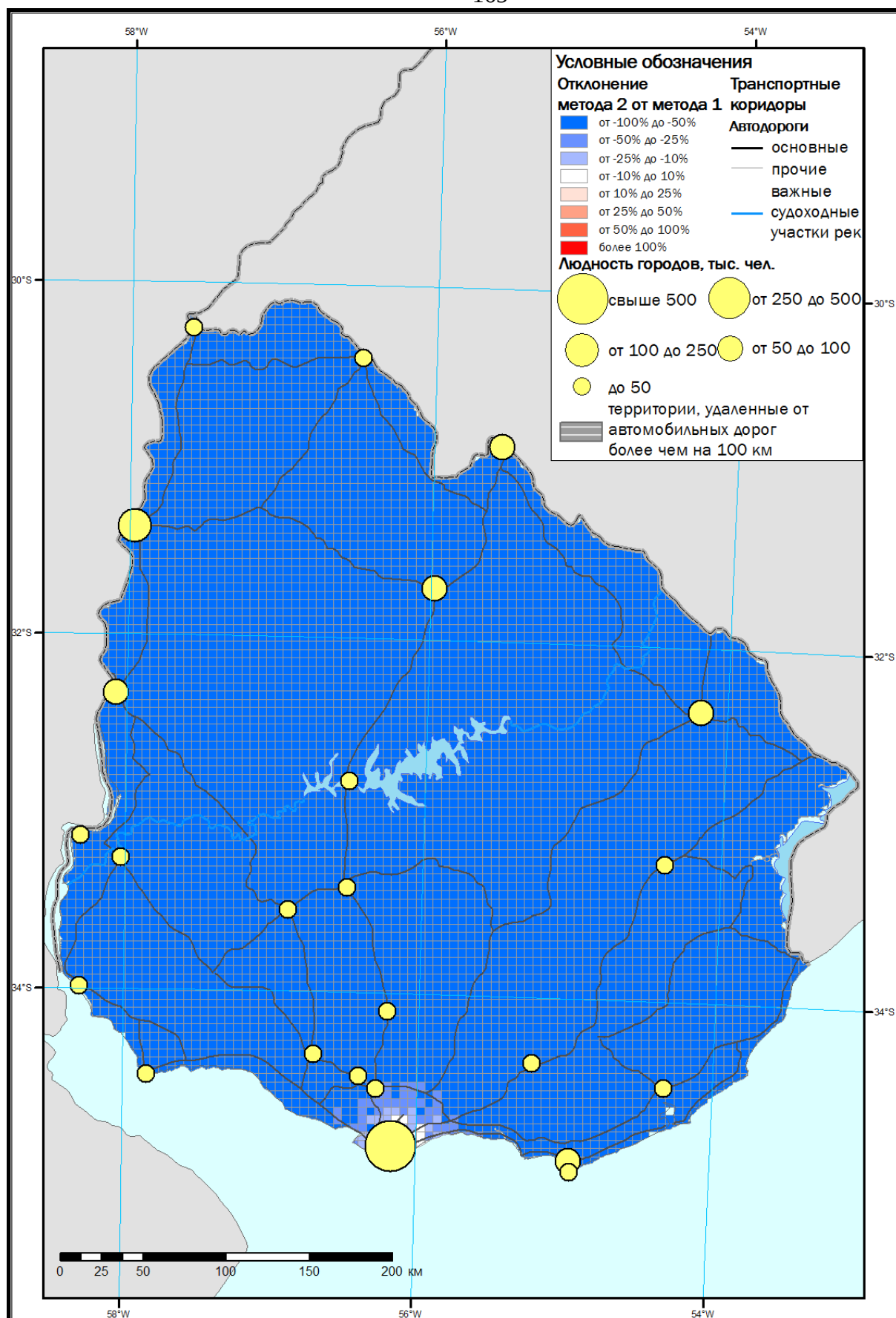


Рис. 11. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Уругвая методом оценки пространственного разграничения и методом потенциалов 3. Составлено автором

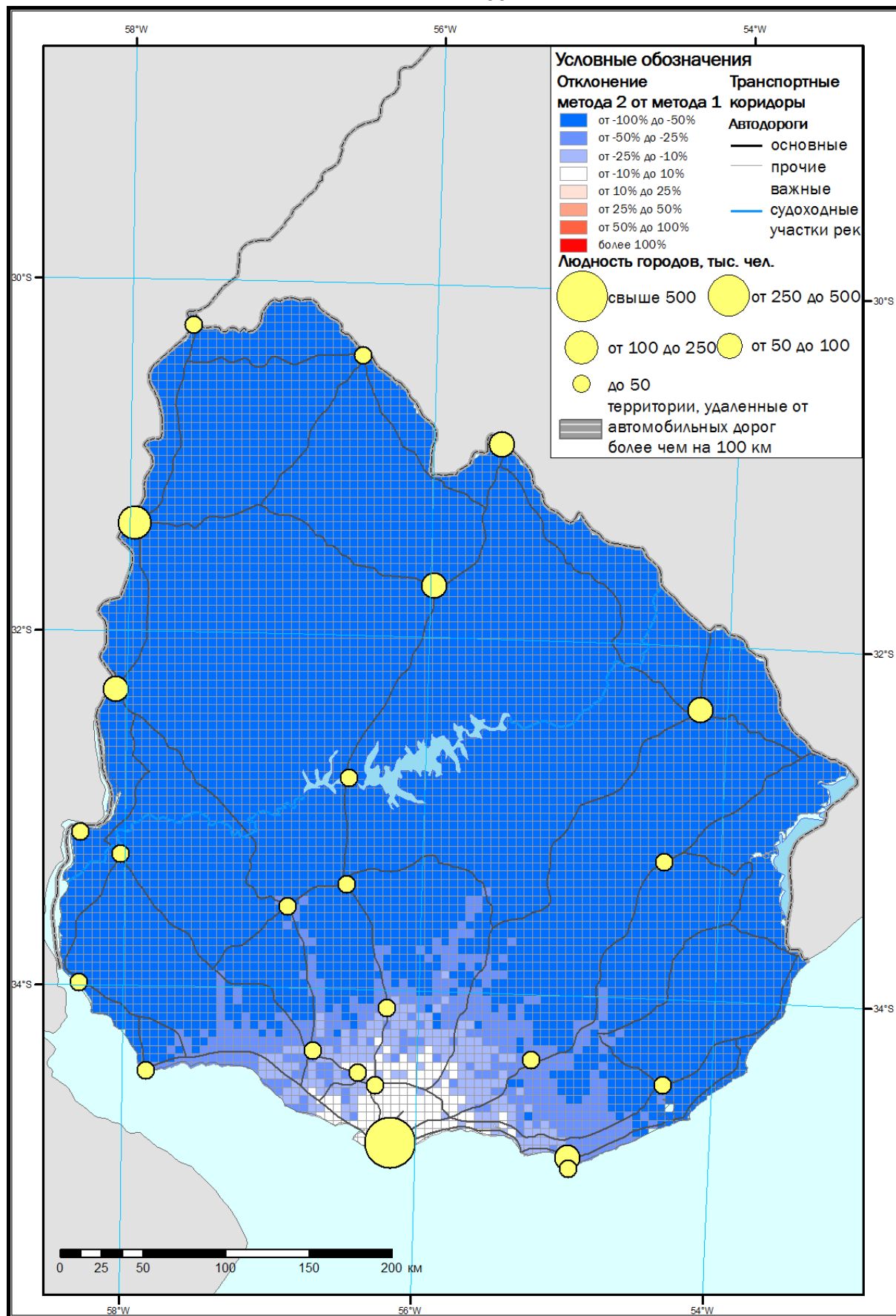


Рис. 12. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Уругвая методом оценки пространственного разграничения и методом потенциалов 4. Составлено автором

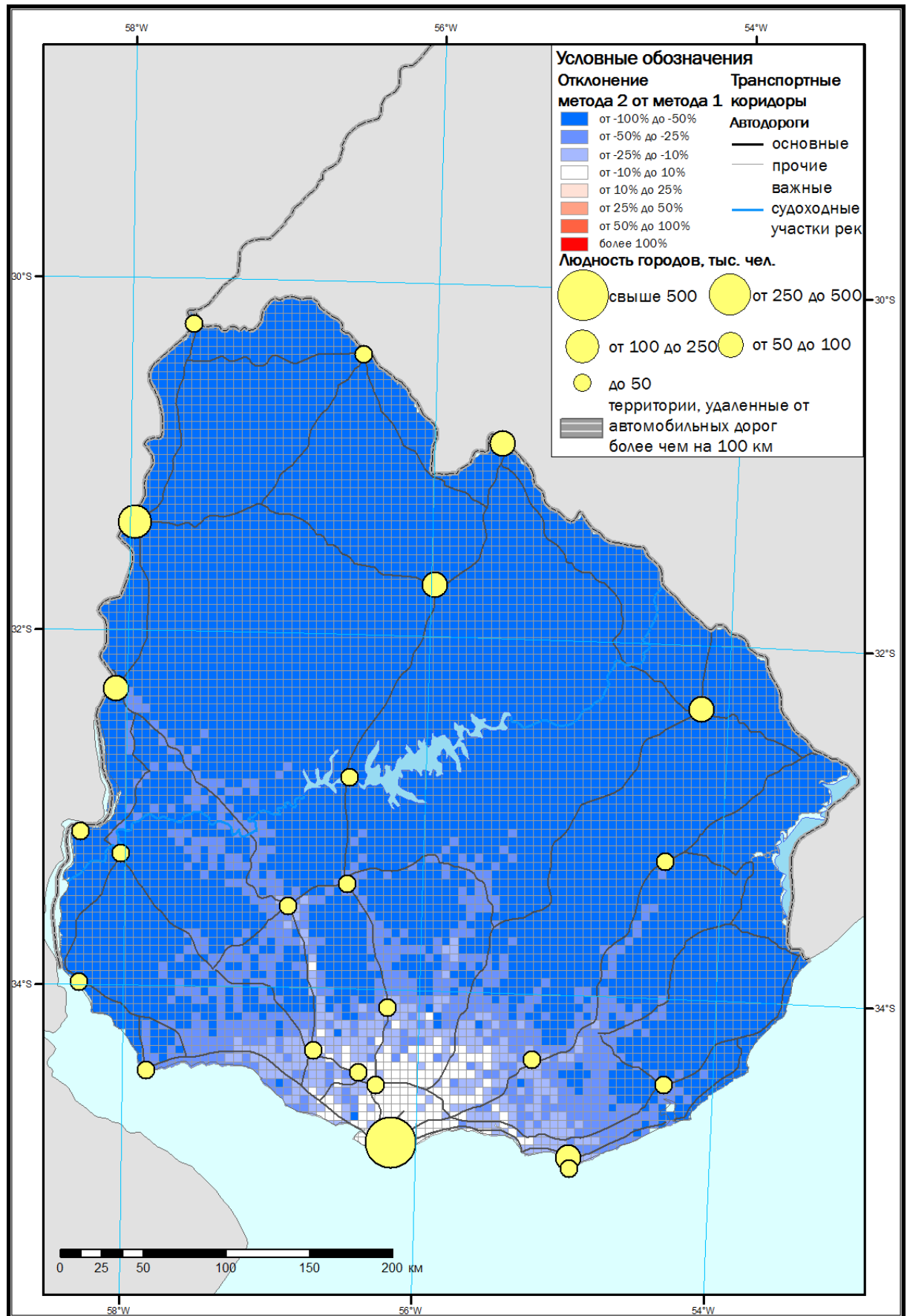


Рис. 13. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Уругвая методом оценки пространственного разграничения и методом потенциалов 5. Составлено автором

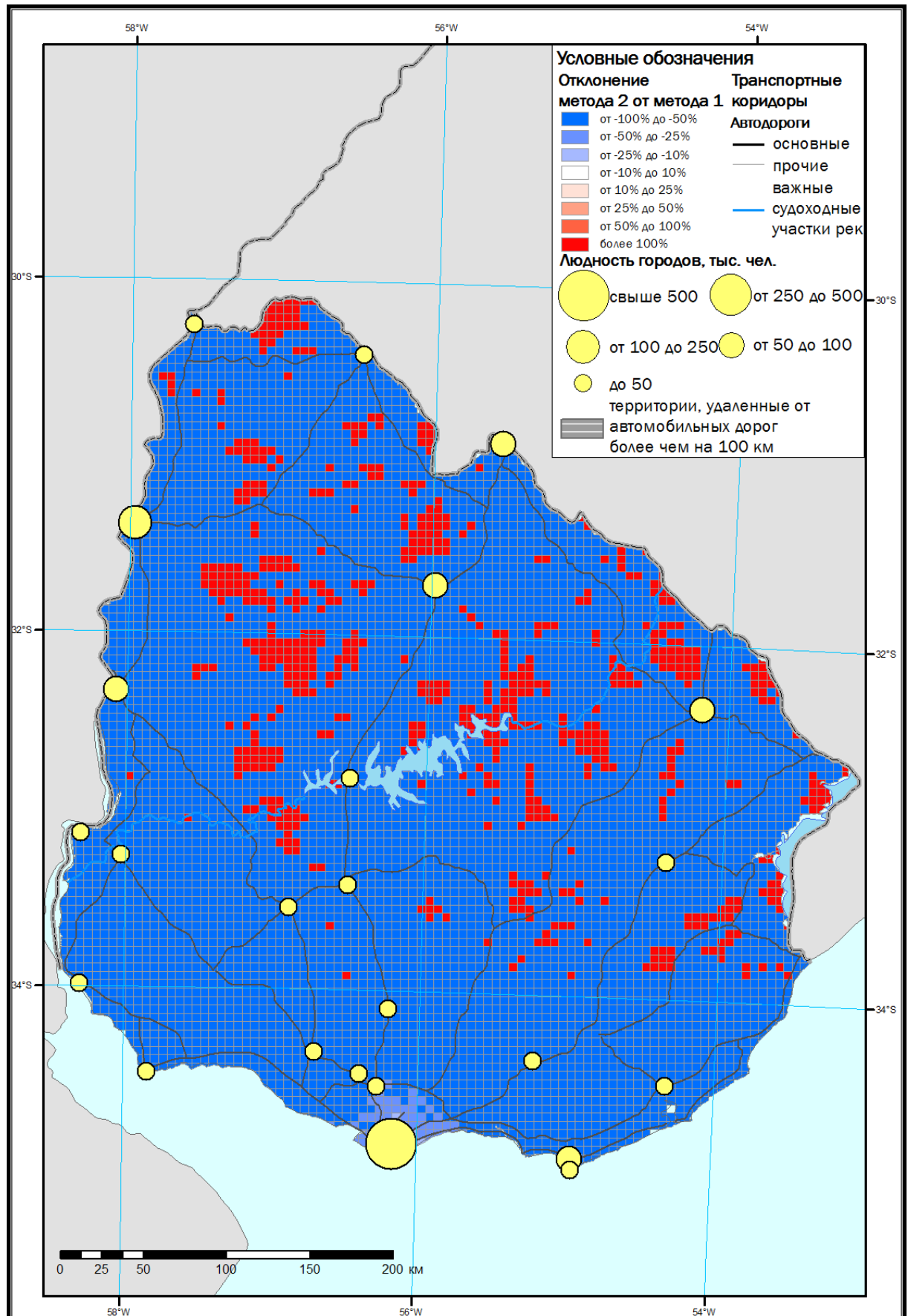


Рис. 14. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Уругвая методом изолиний и методом потенциалов 1. Составлено автором

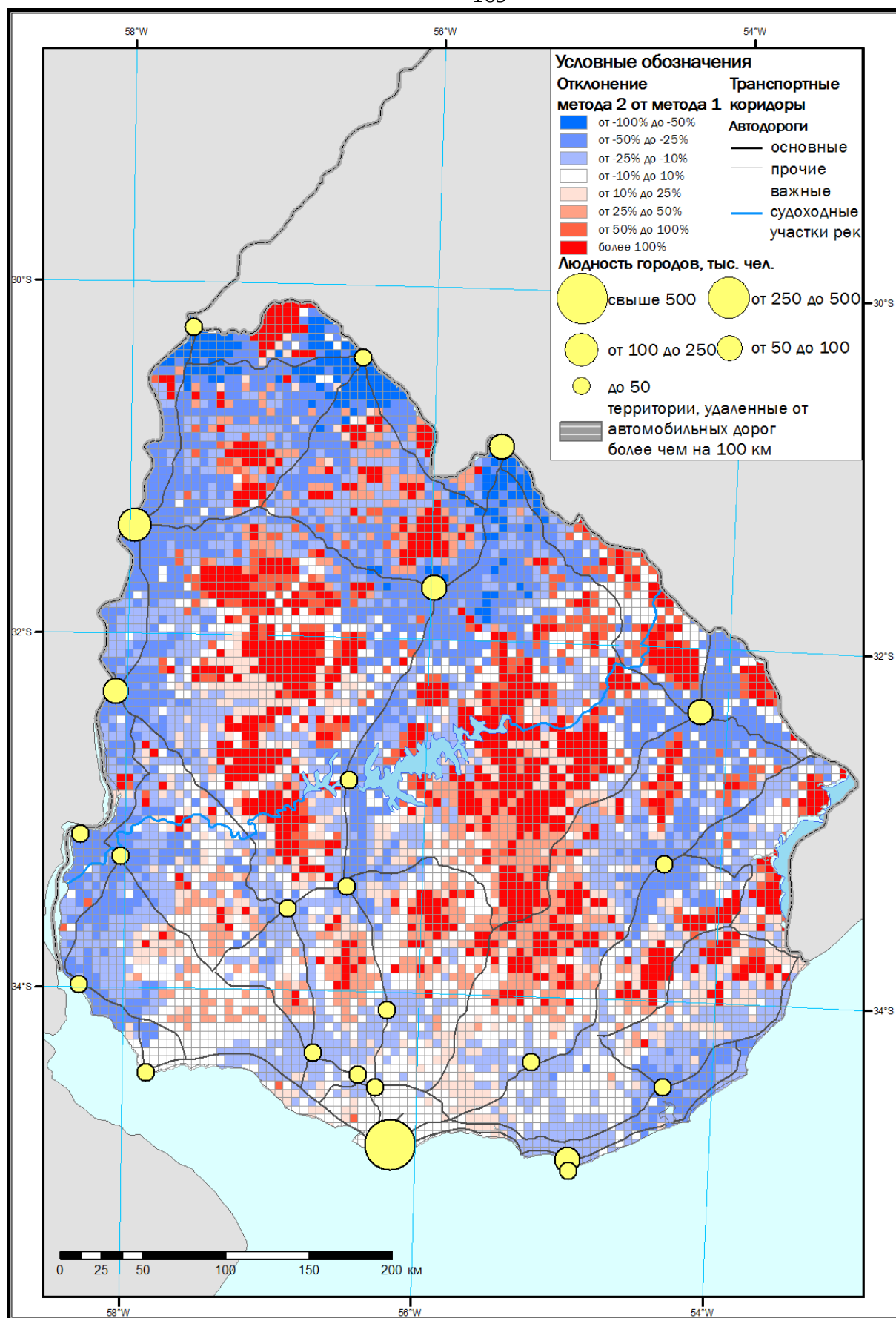


Рис. 15. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Уругвая методом изолиний и методом потенциалов 2. Составлено автором

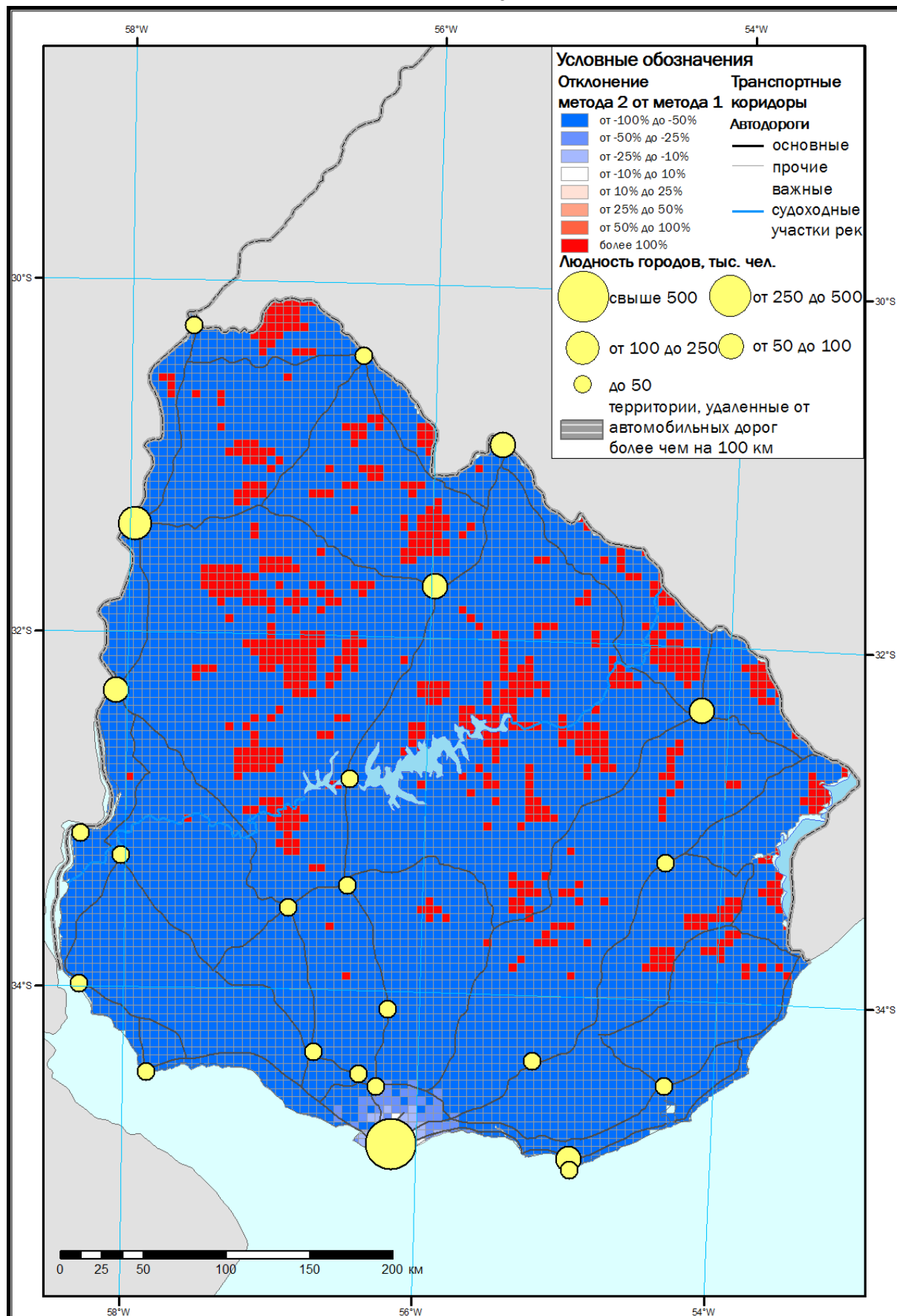


Рис. 16. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Уругвая методом изолиний и методом потенциалов 3. Составлено автором

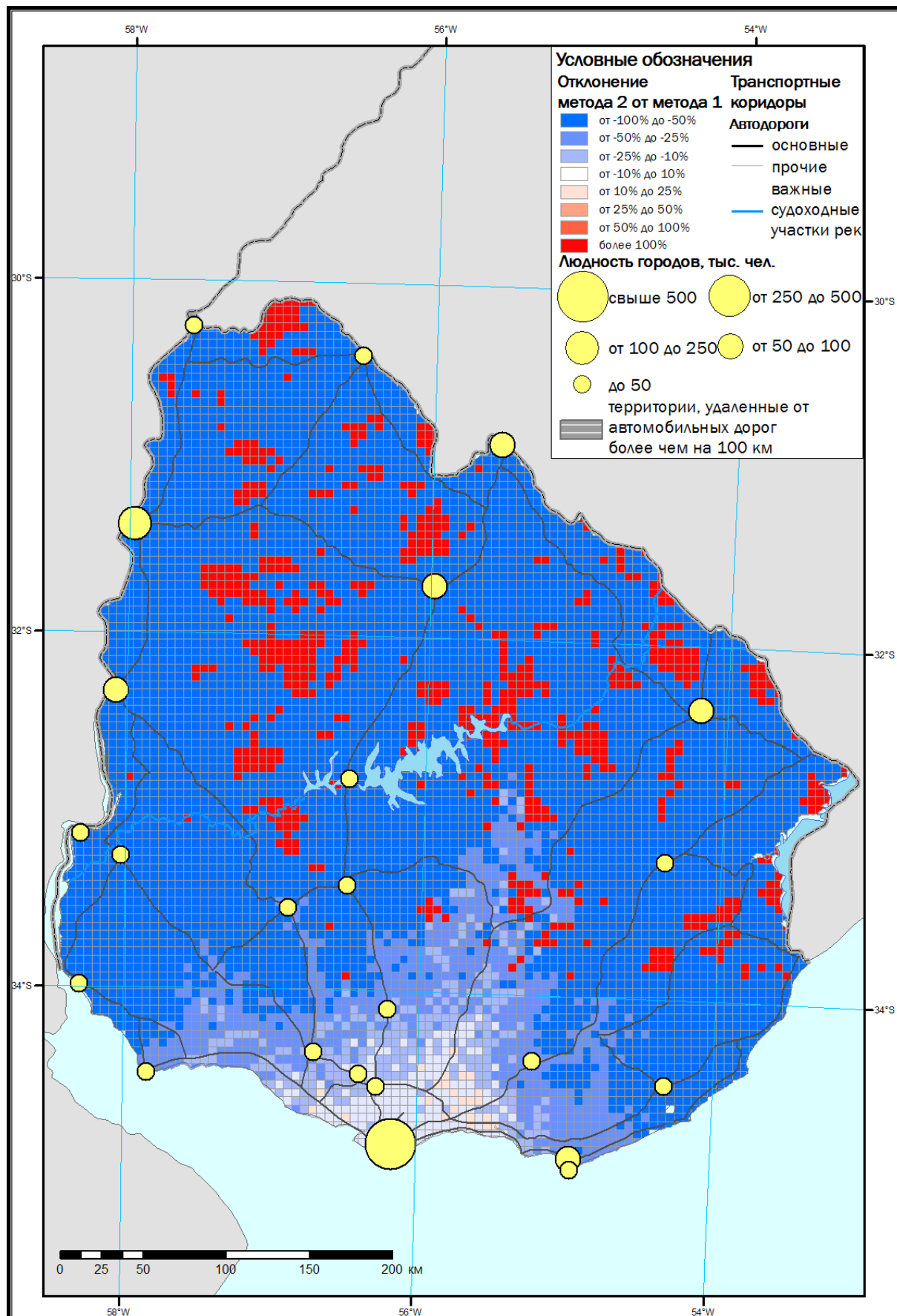


Рис. 17. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Уругвая методом изолиний и методом потенциалов 4. Составлено автором

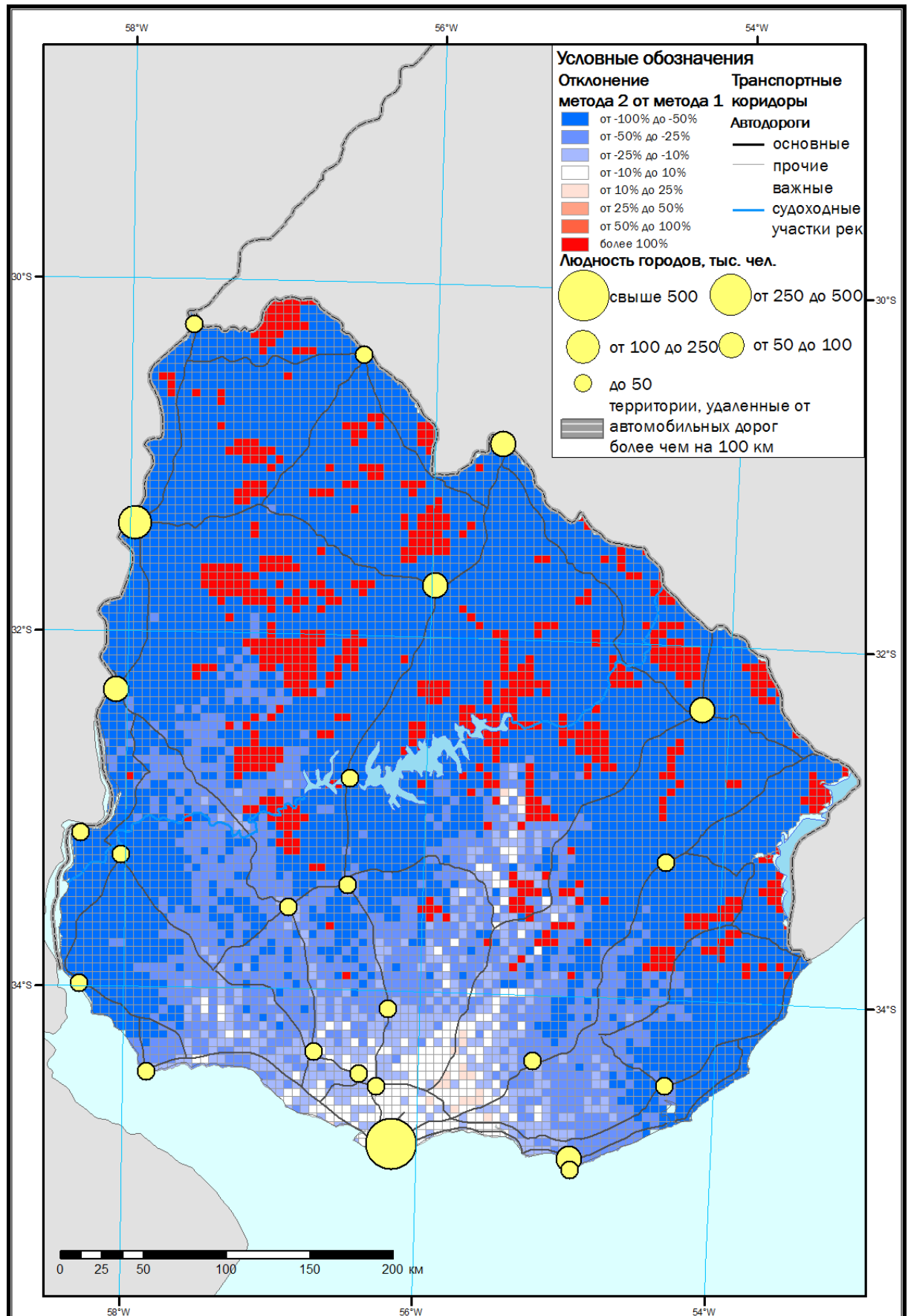


Рис. 18. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Уругвая методом изолиний и методом потенциалов 5. Составлено автором

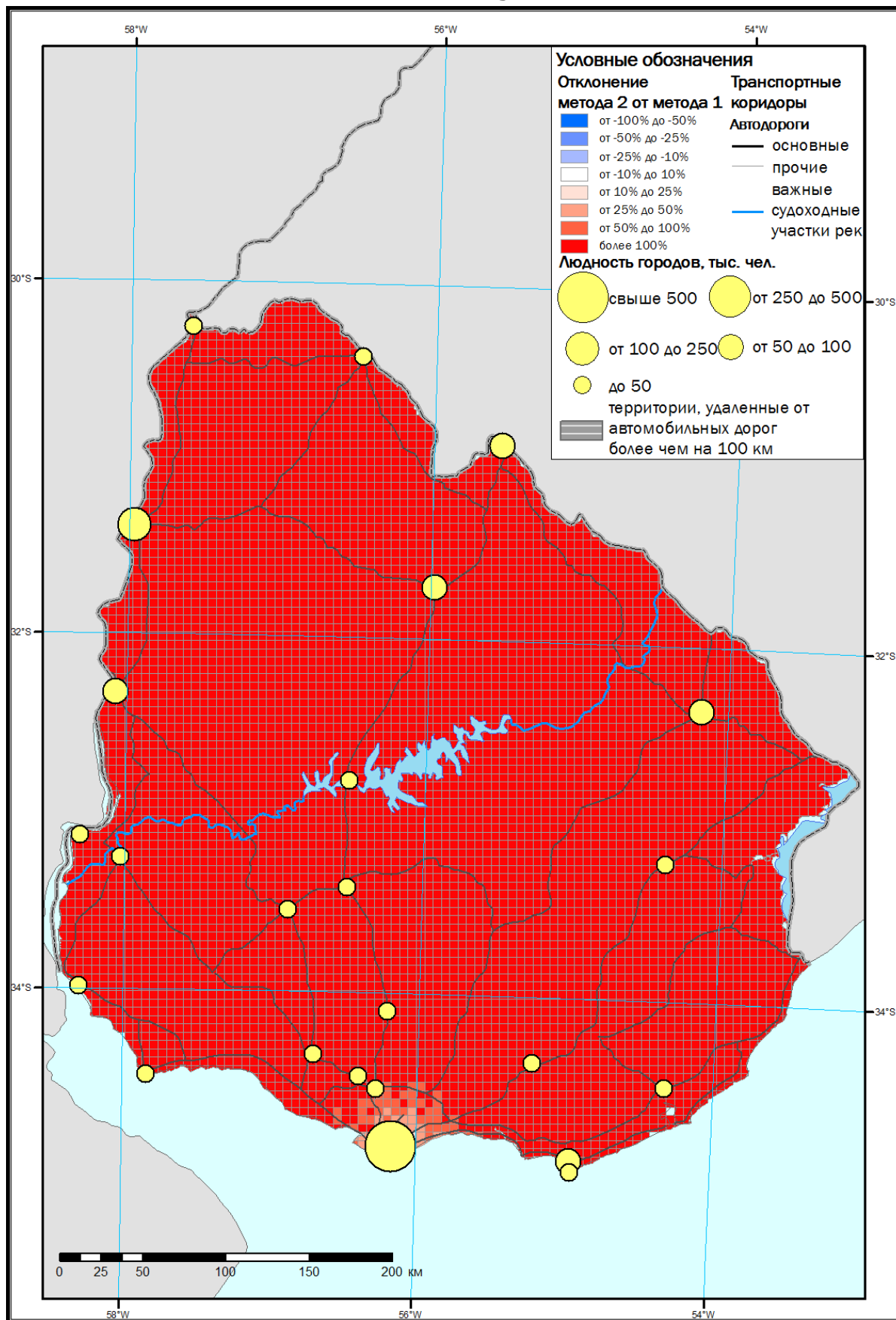


Рис. 19. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Уругвая методом потенциалов 1 и методом потенциалов 2. Составлено автором

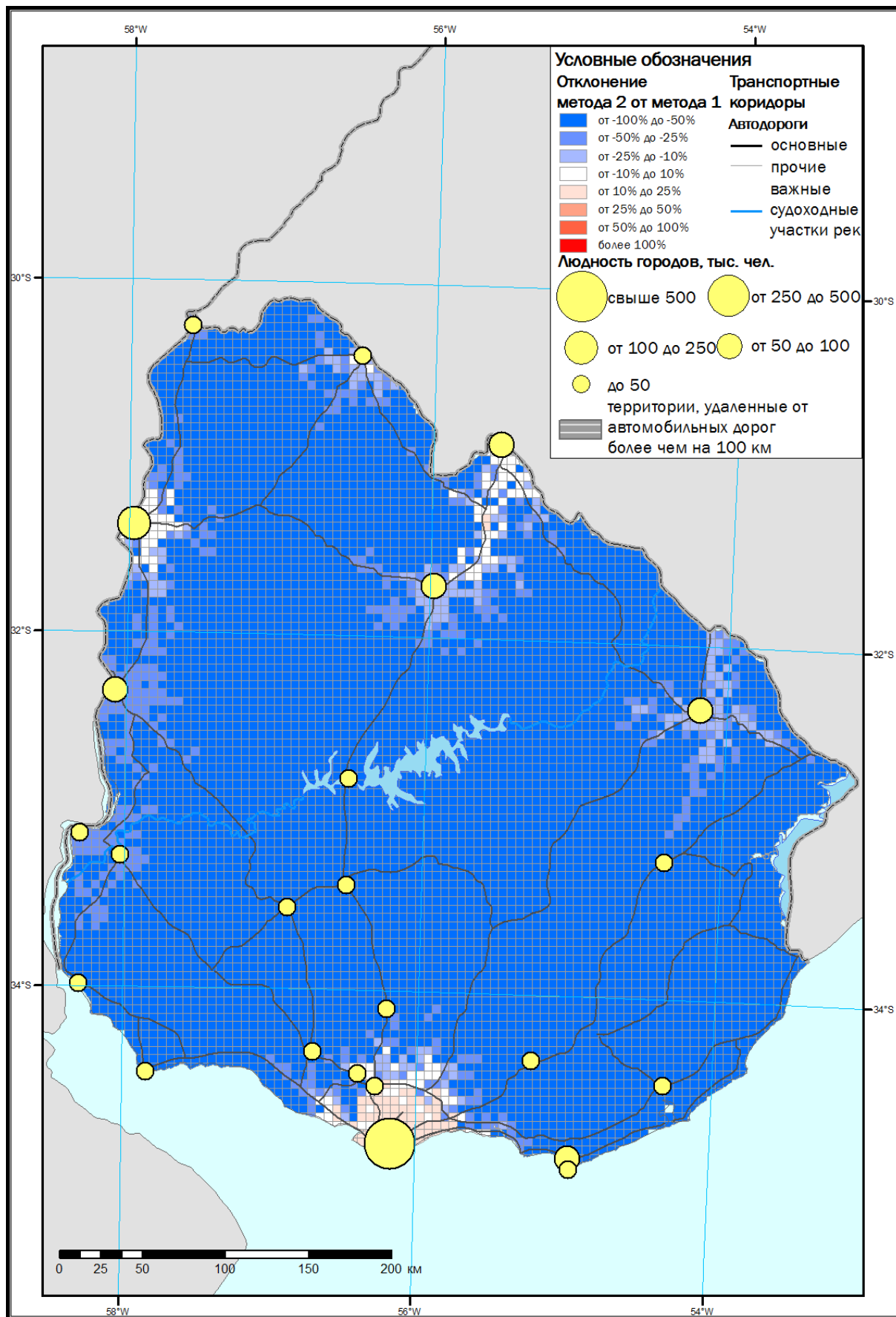


Рис. 20. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Уругвая методом потенциалов 1 и методом потенциалов 3. Составлено автором

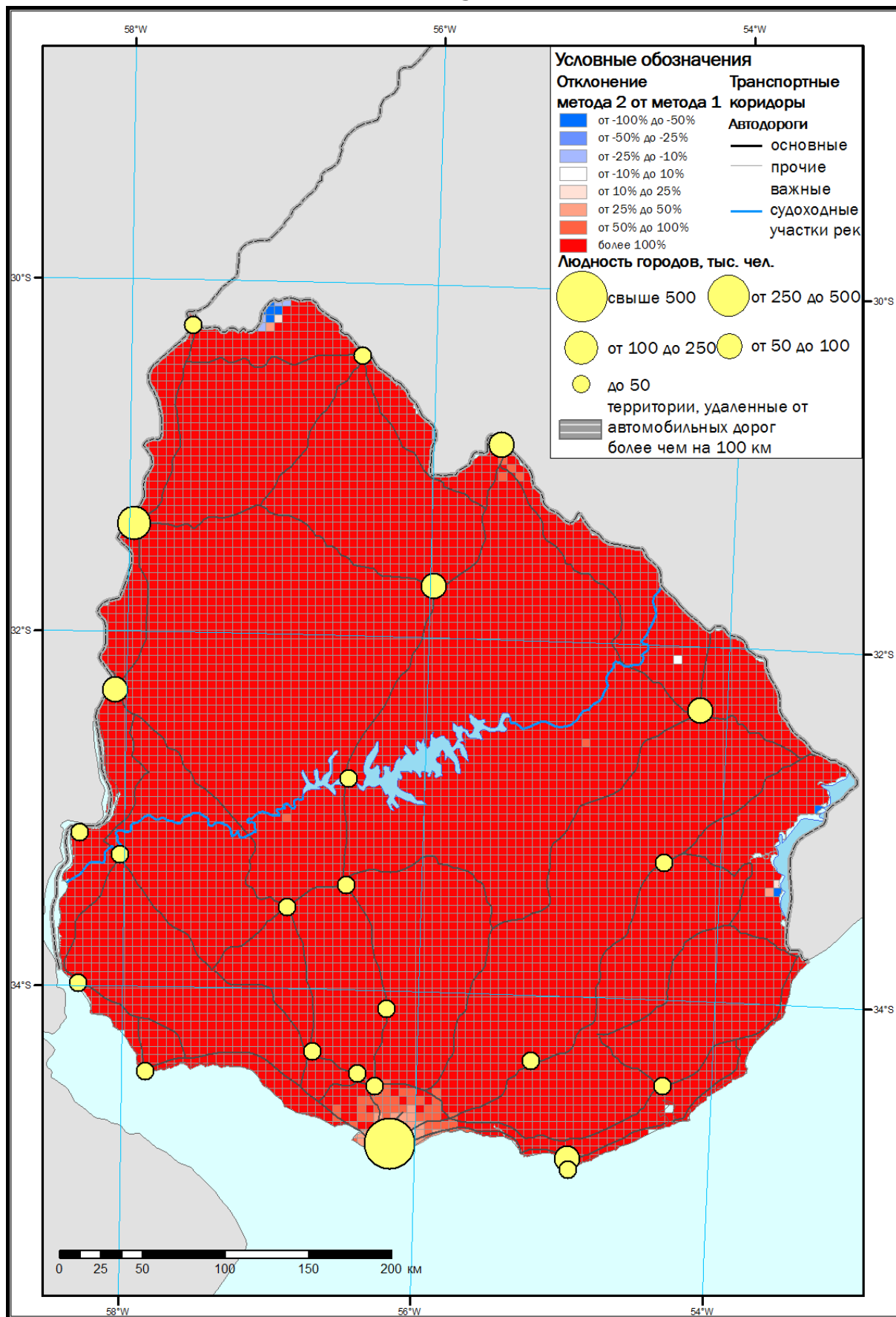


Рис. 21. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Уругвая методом потенциалов 1 и методом потенциалов 4. Составлено автором

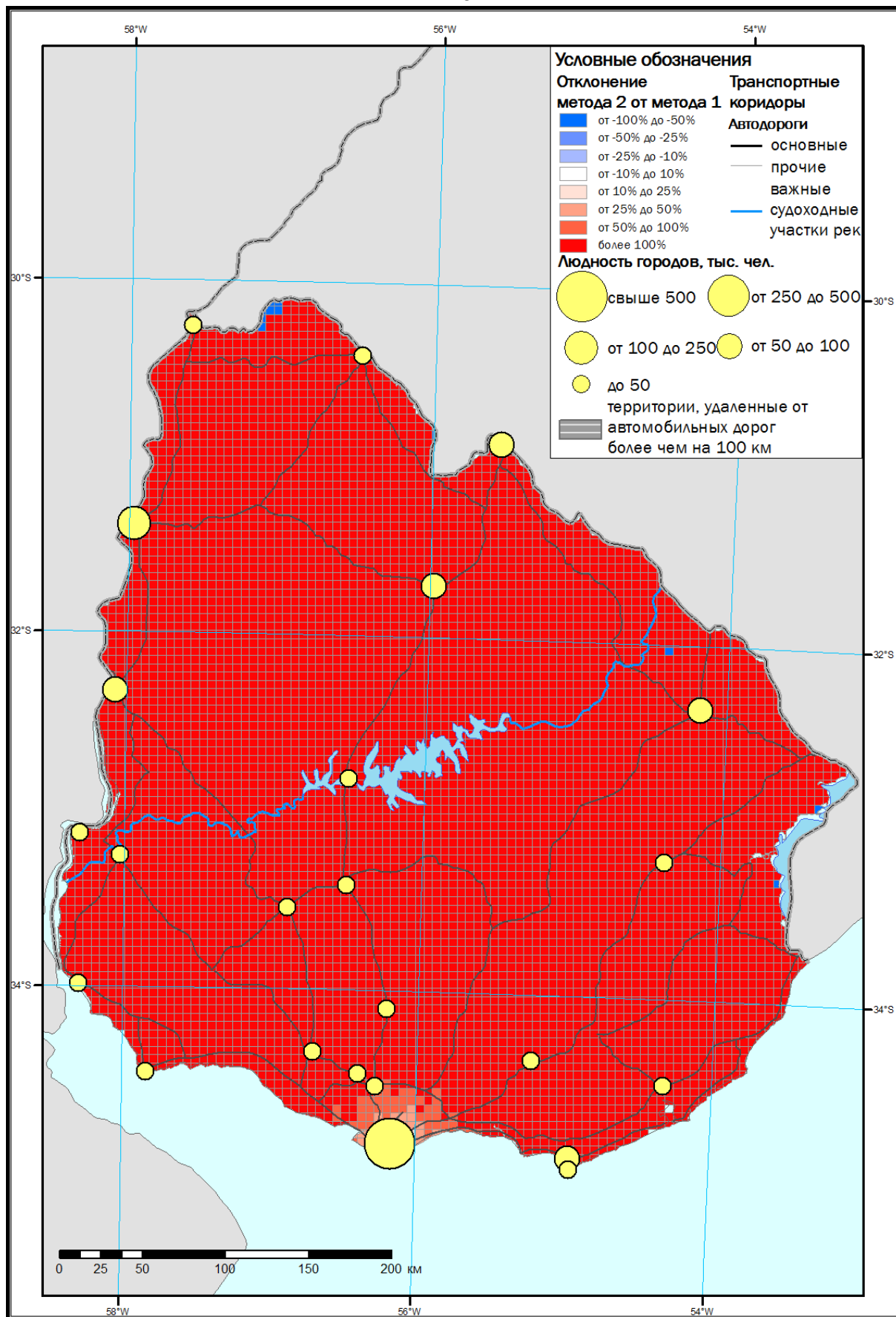


Рис. 22. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Уругвая методом потенциалов 1 и методом потенциалов 5. Составлено автором

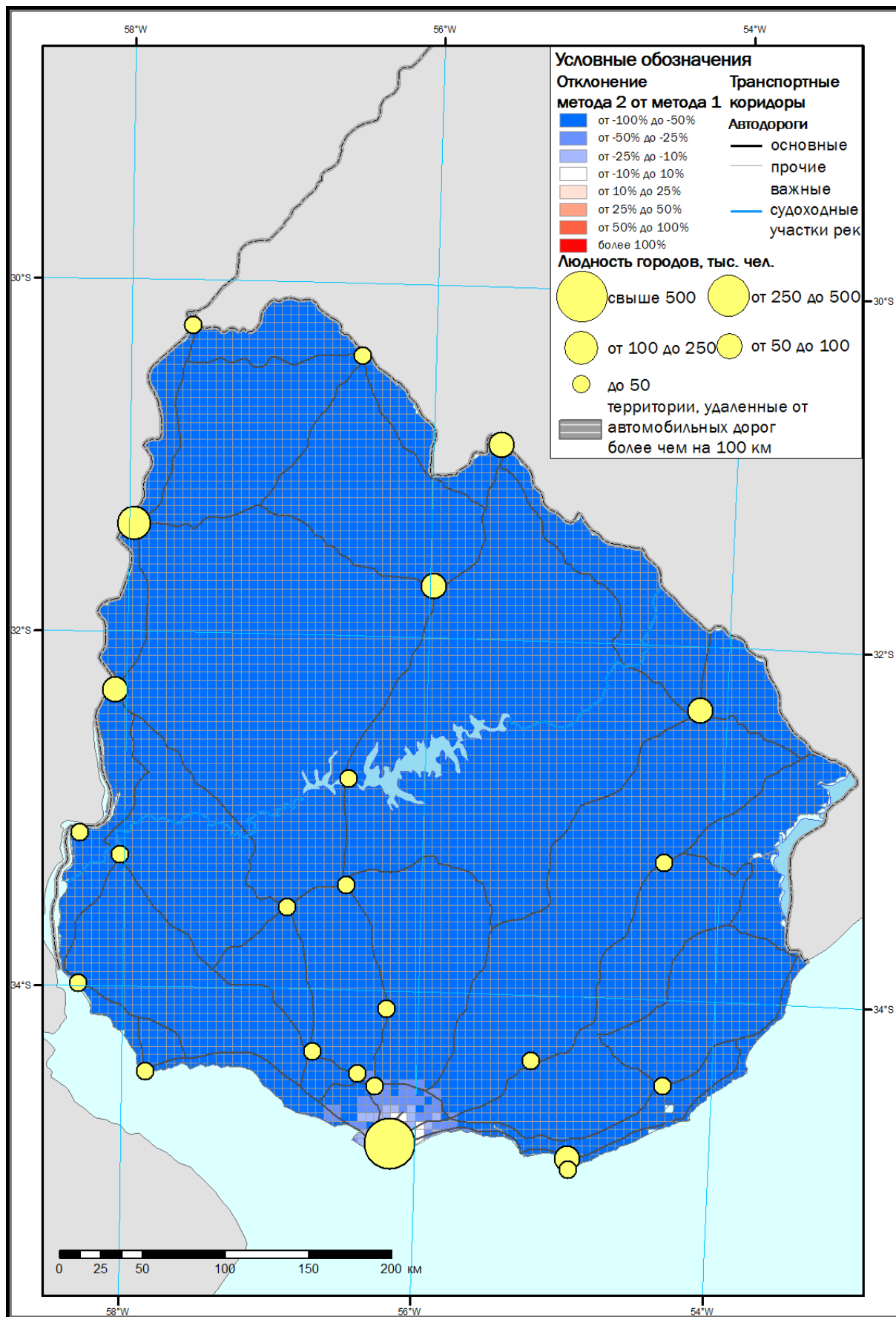


Рис. 23. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Уругвая методом потенциалов 2 и методом потенциалов 3. Составлено автором

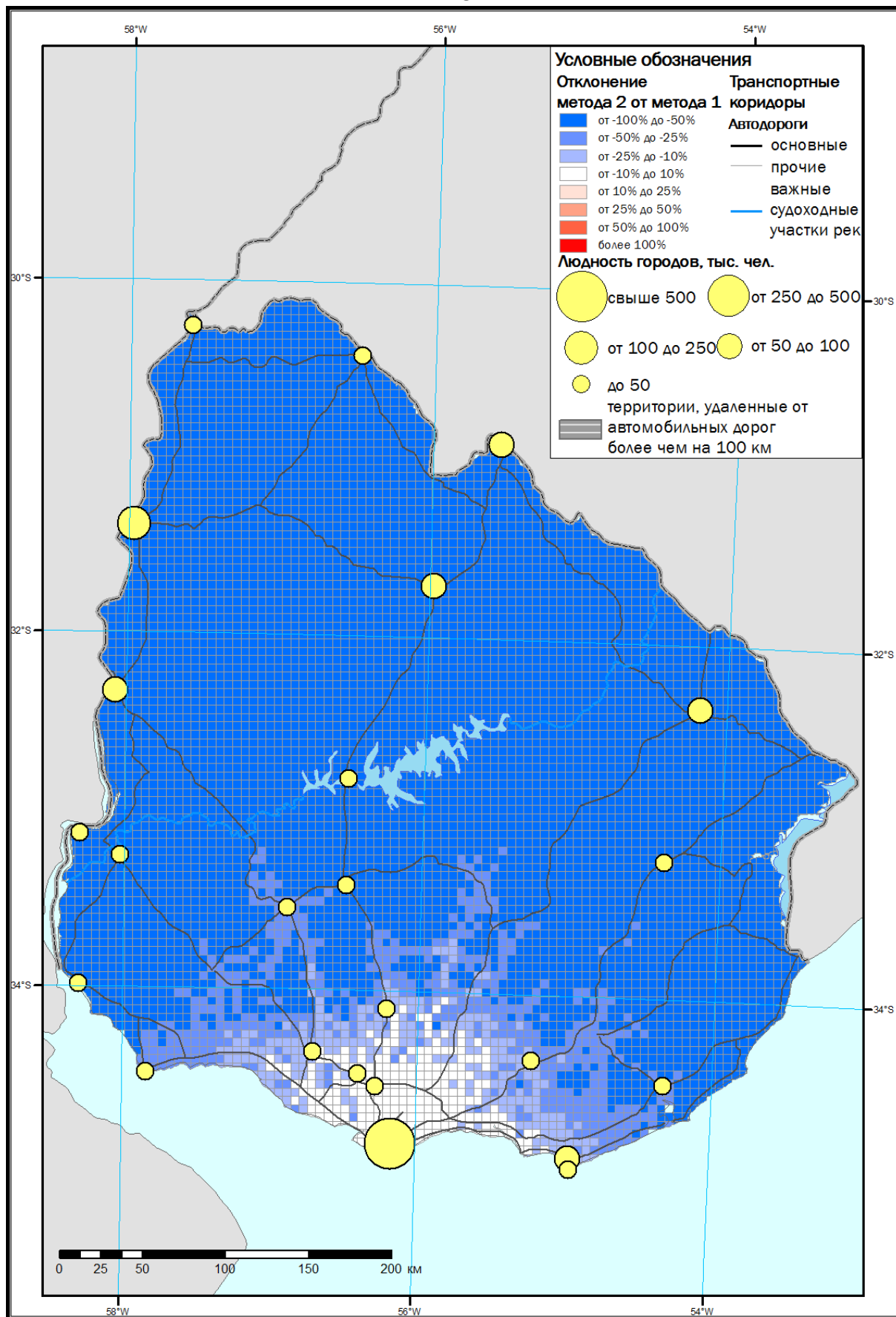


Рис. 24. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Уругвая методом потенциалов 2 и методом потенциалов 4. Составлено автором

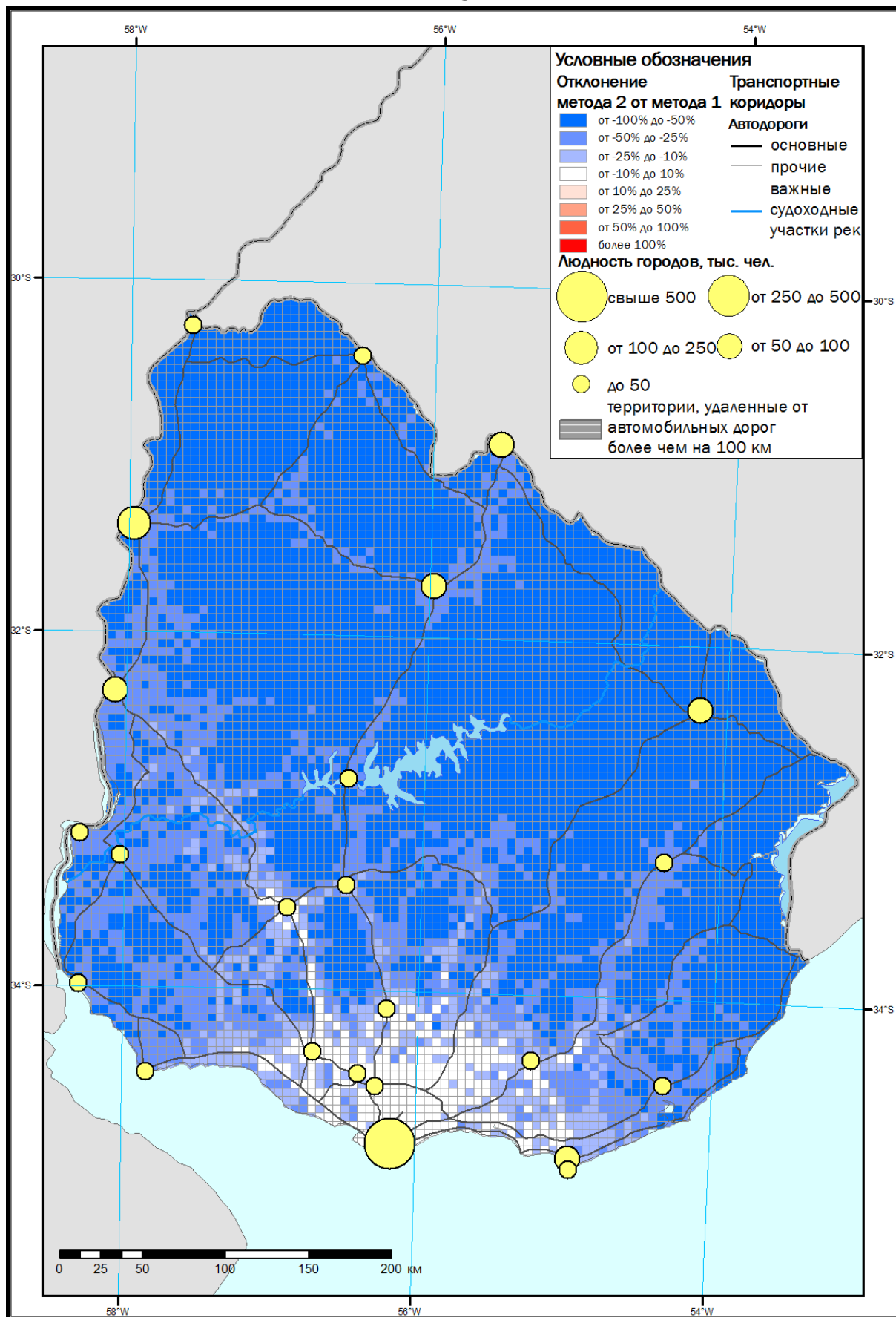


Рис. 25. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Уругвая методом потенциалов 2 и методом потенциалов 5. Составлено автором

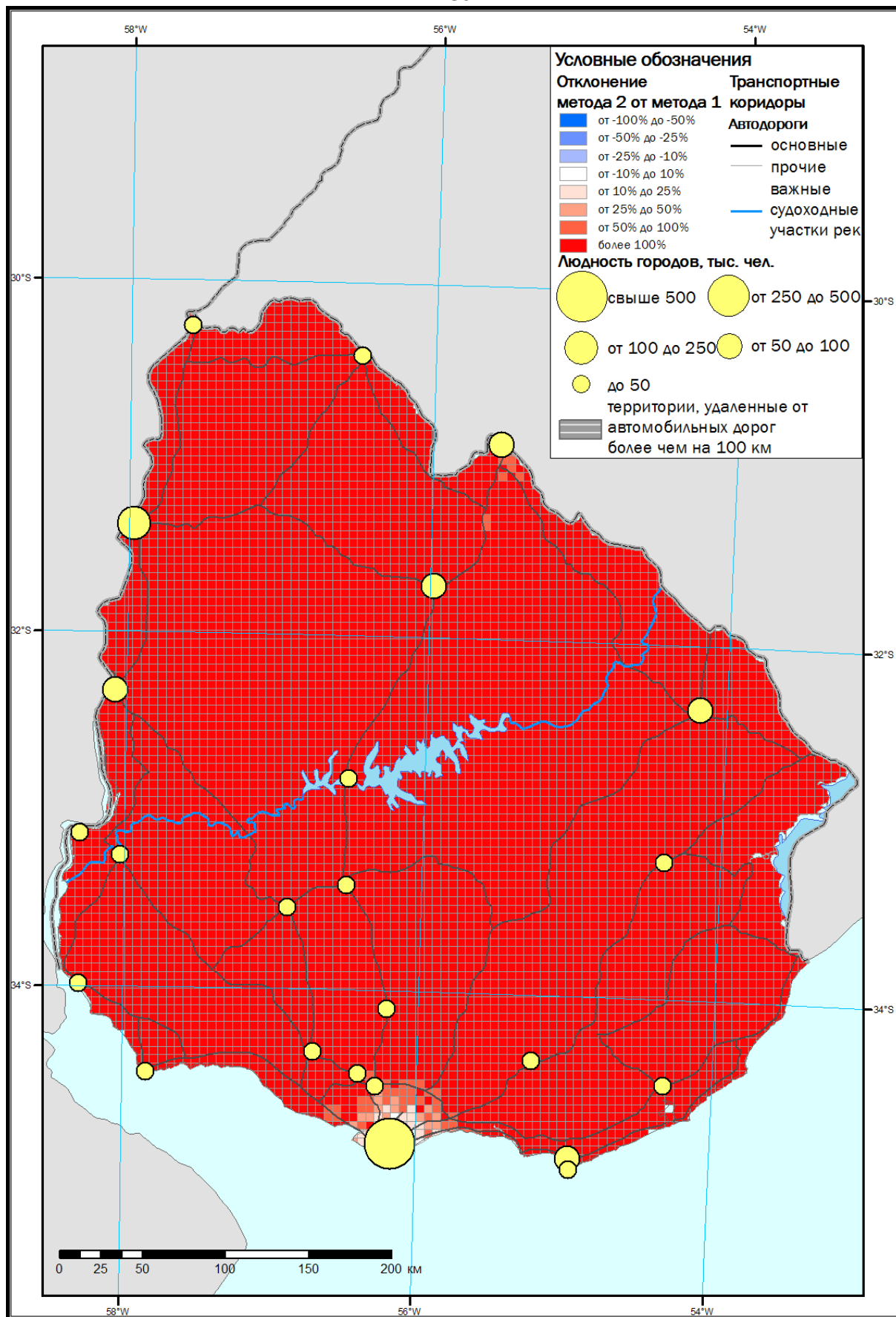


Рис. 26. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Уругвая методом потенциалов 3 и методом потенциалов 4. Составлено автором

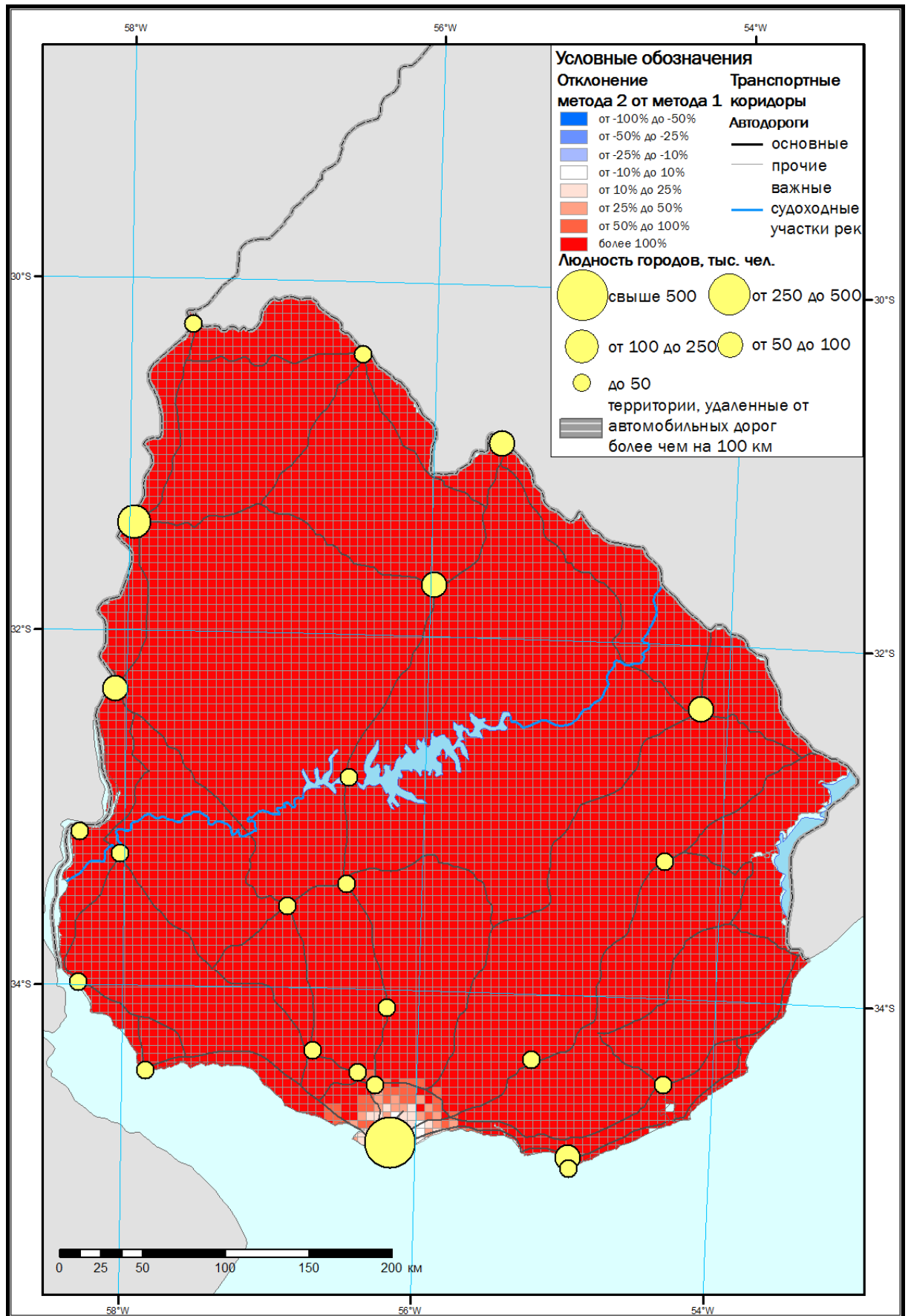


Рис. 27. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Уругвая методом потенциалов 3 и методом потенциалов 4. Составлено автором

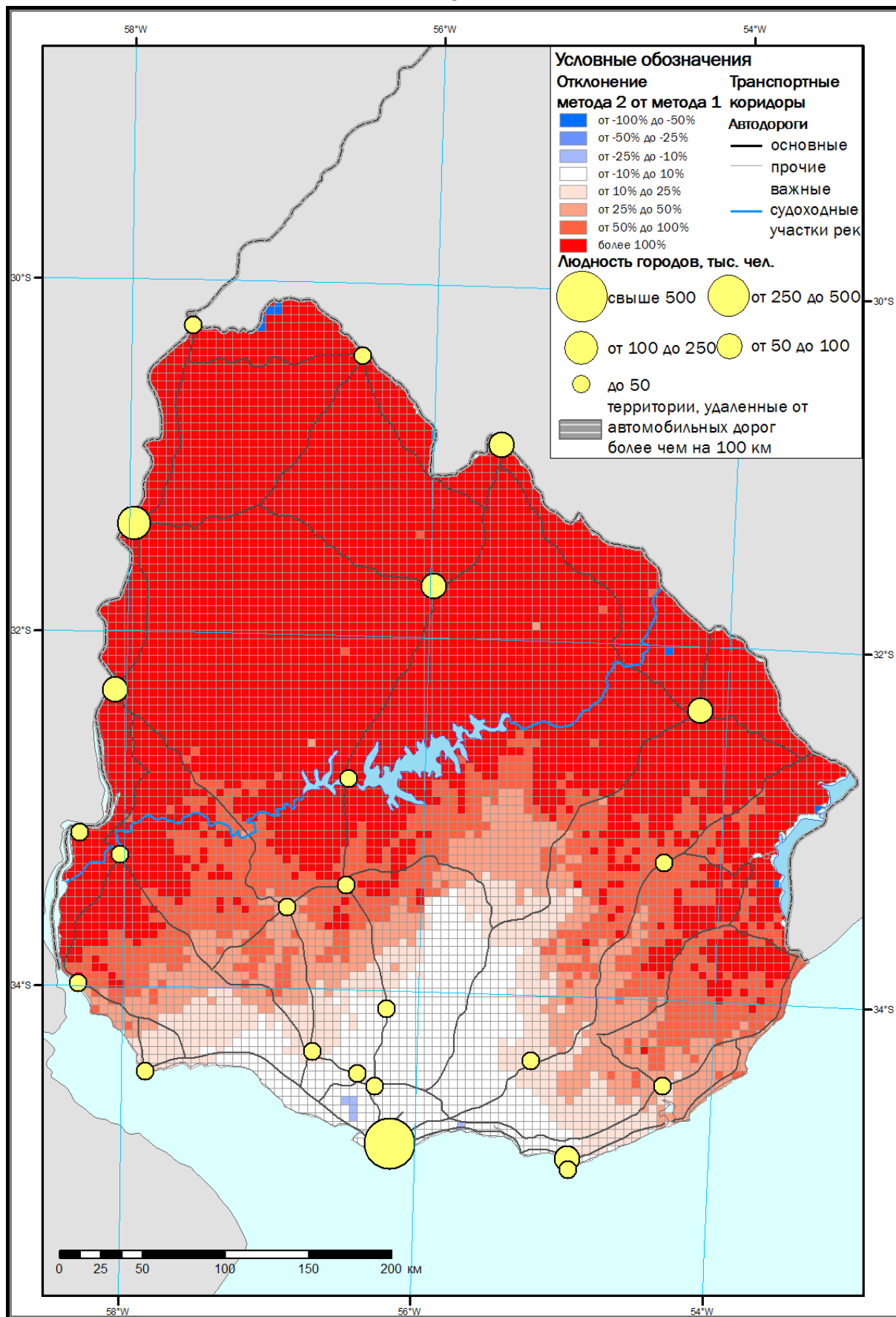


Рис. 28. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Уругвая методом потенциалов 4 и методом потенциалов 5. Составлено автором

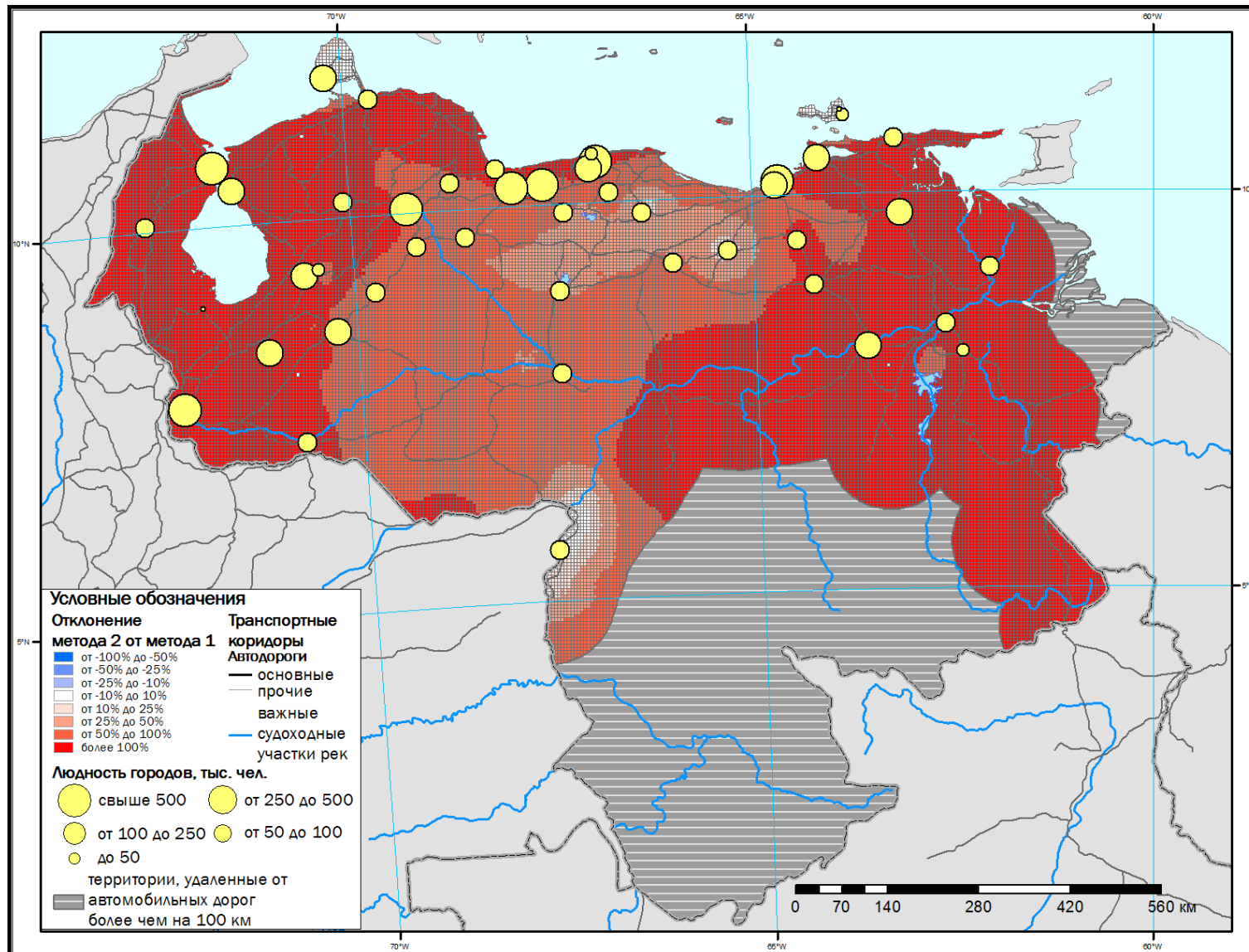


Рис. 29. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Венесуэлы топологическим методом и методом оценки пространственного разграничения. Составлено автором

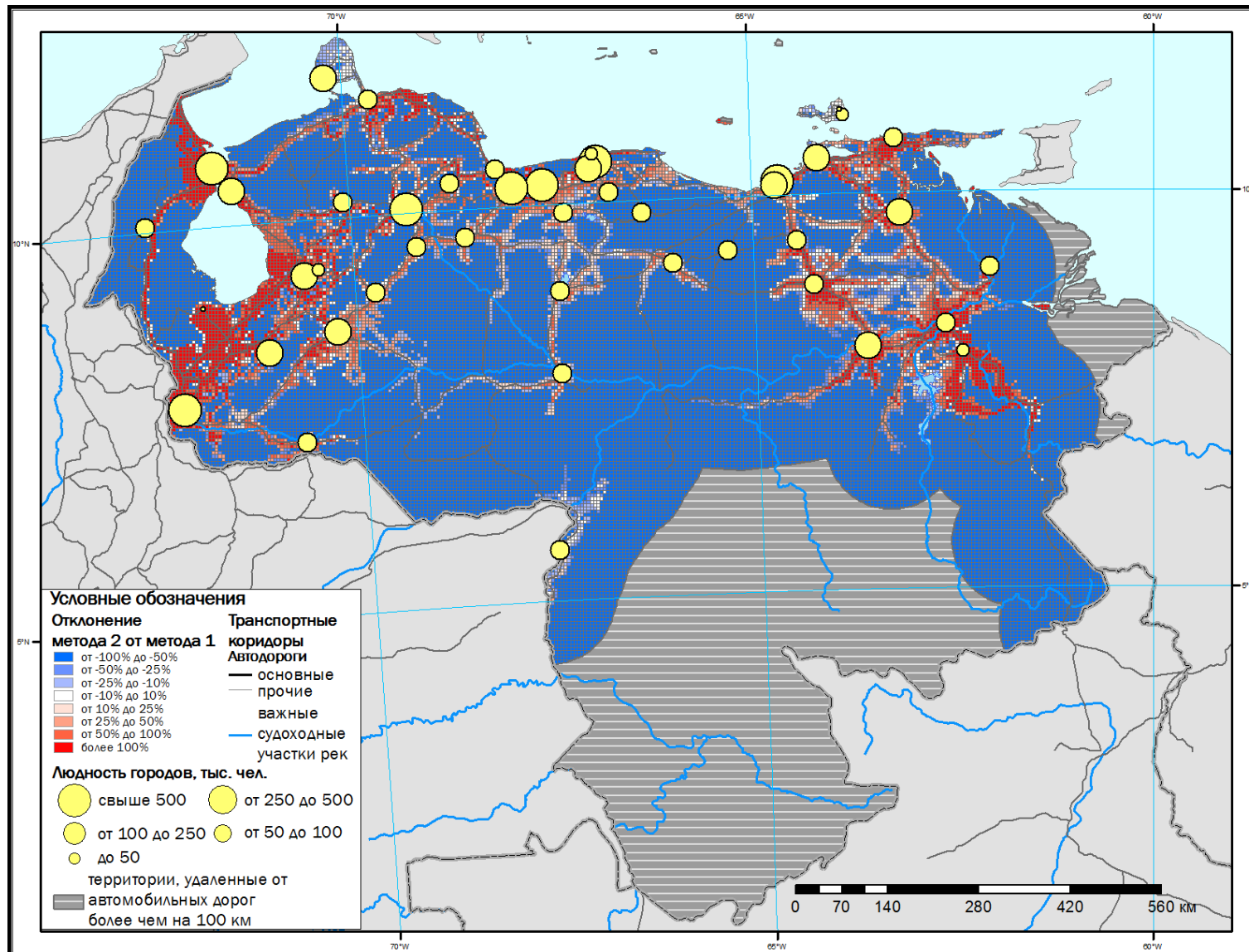


Рис. 30. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Венесуэлы топологическим методом и методом изолиний. Составлено автором

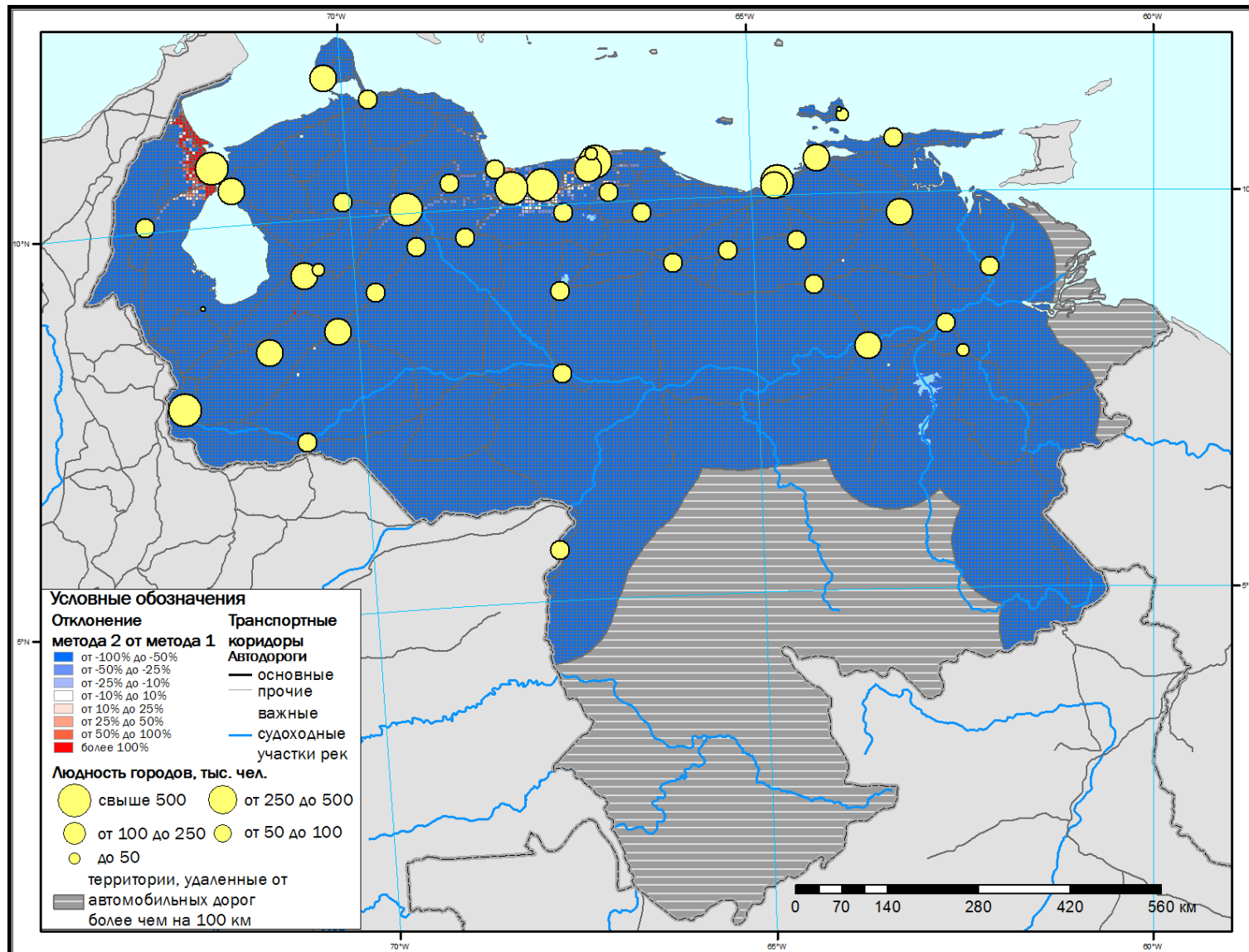


Рис. 31. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Венесуэлы топологическим методом и методом потенциалов 1. Составлено автором

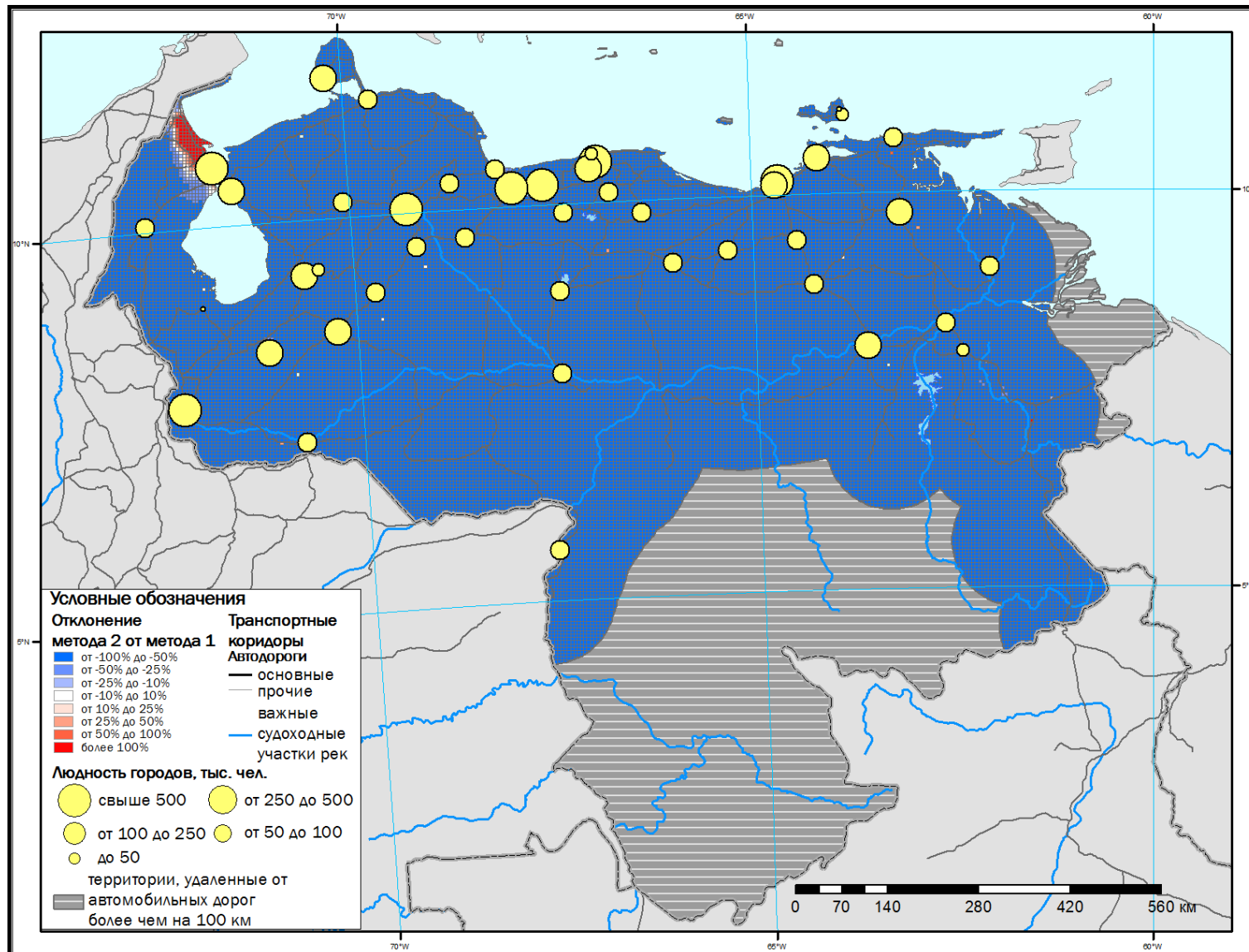


Рис. 32. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Венесуэлы топологическим методом и методом потенциалов 2. Составлено автором

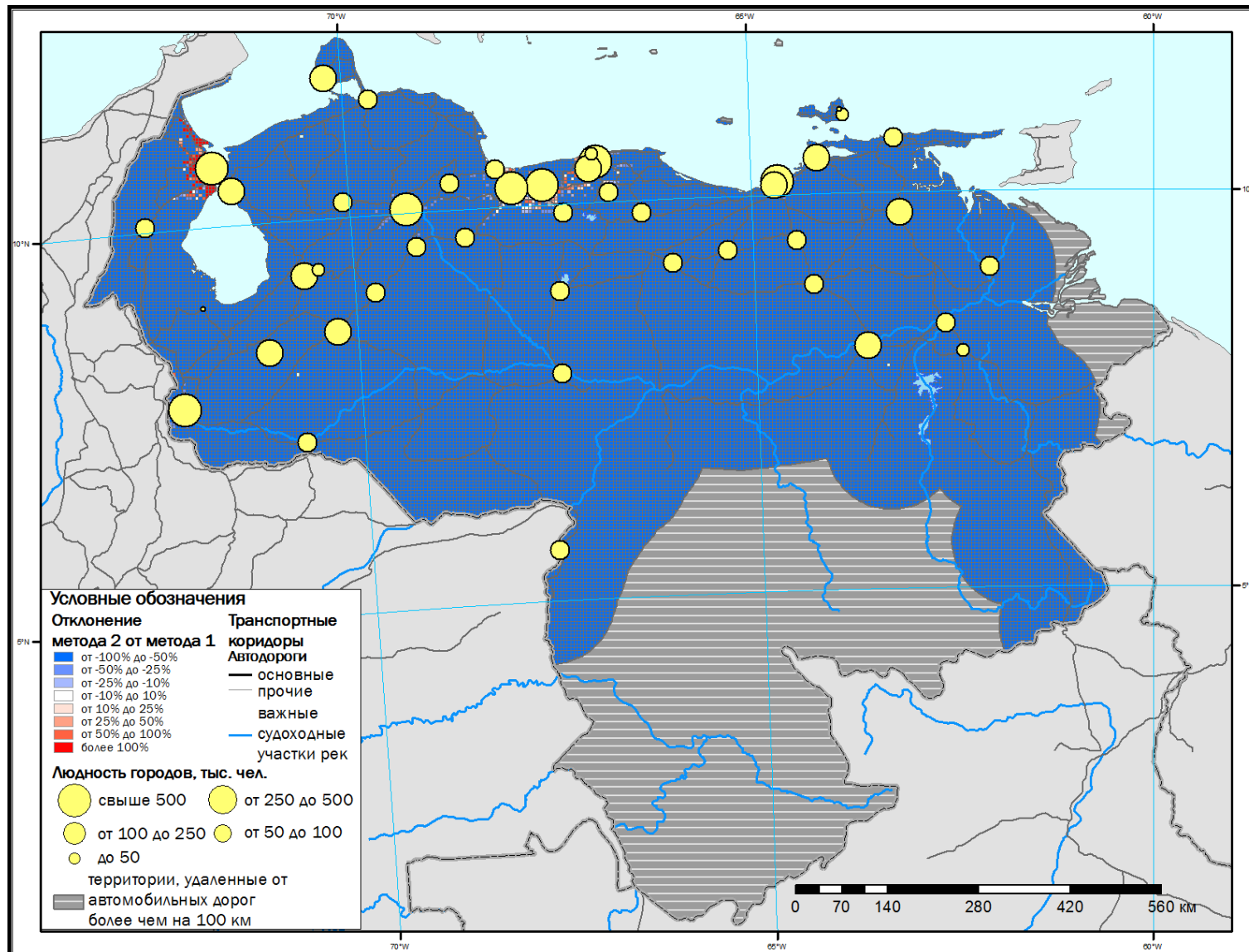


Рис. 33. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Венесуэлы топологическим методом и методом потенциалов 3. Составлено автором

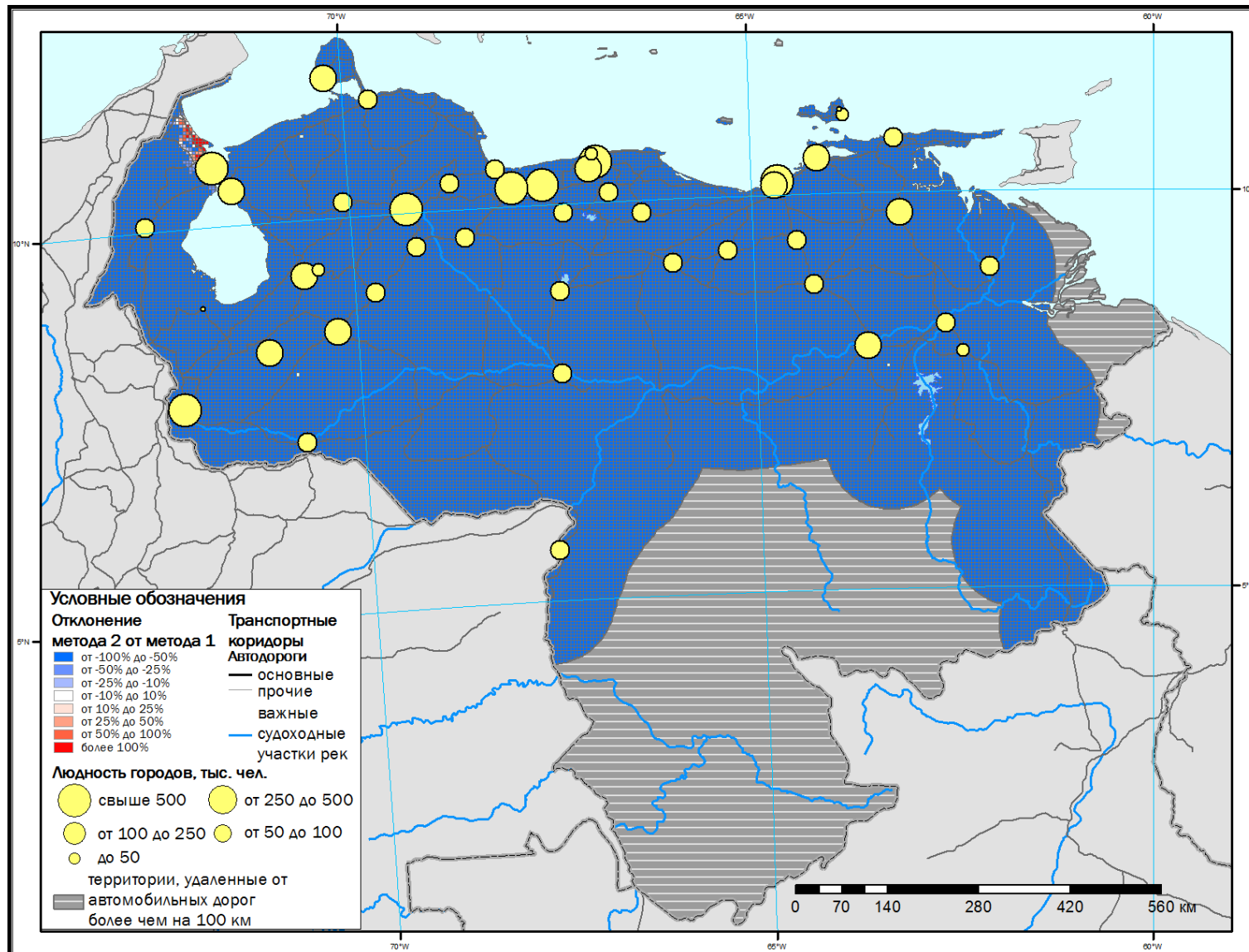


Рис. 34. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Венесуэлы топологическим методом и методом потенциалов 4. Составлено автором

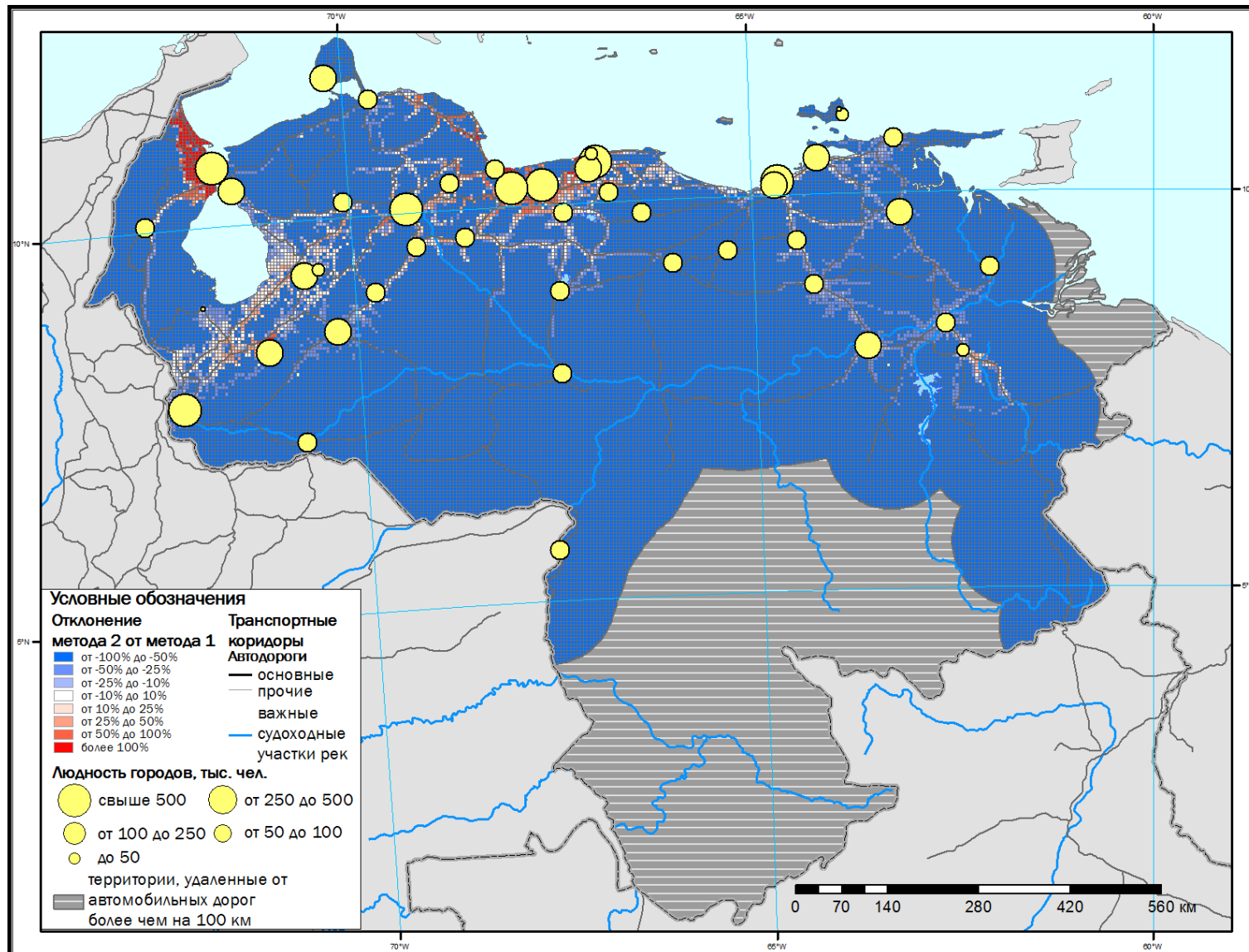


Рис. 35. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Венесуэлы топологическим методом и методом потенциалов 5. Составлено автором

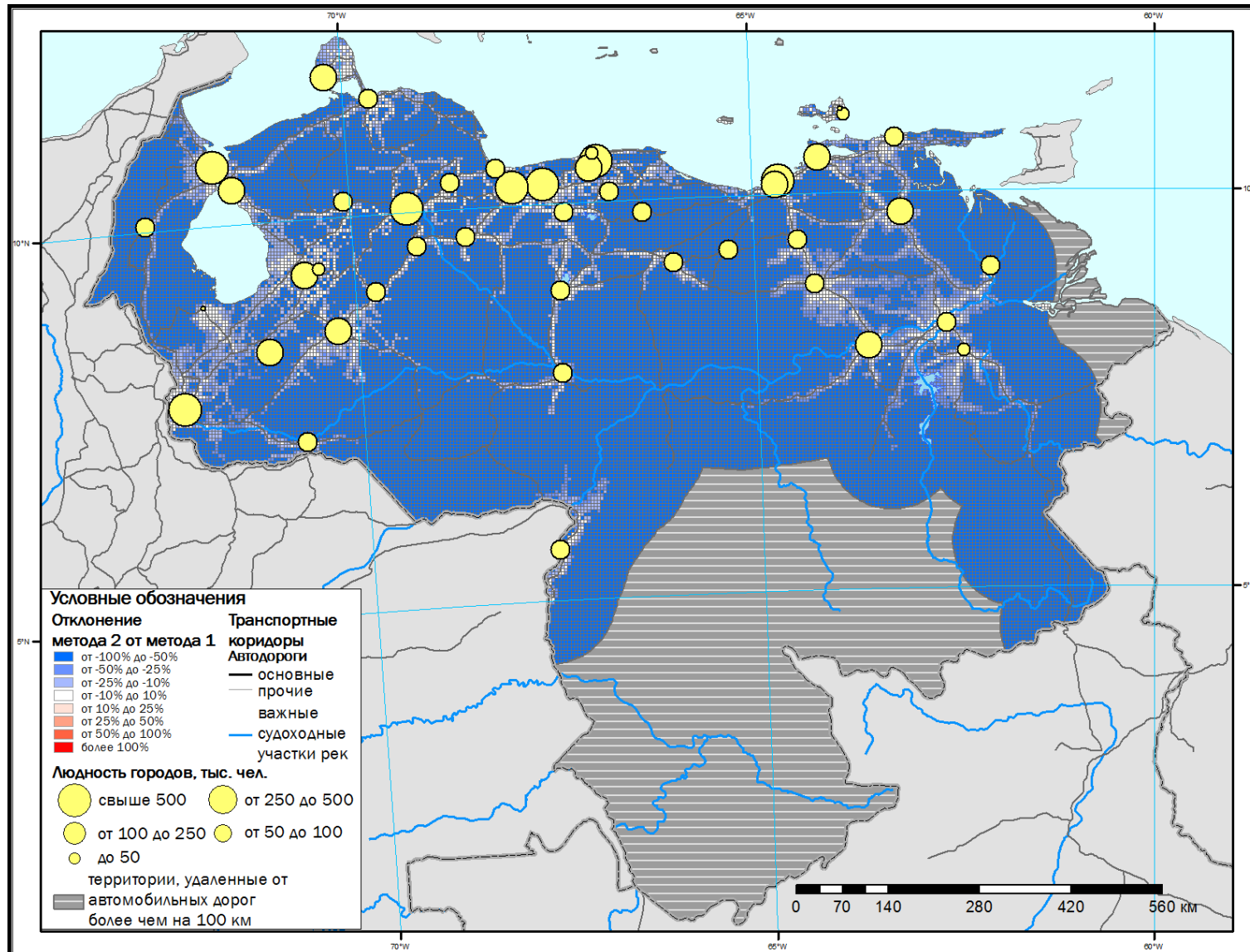


Рис. 36. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Венесуэлы методом оценки пространственного разграничения и методом изолиний. Составлено автором

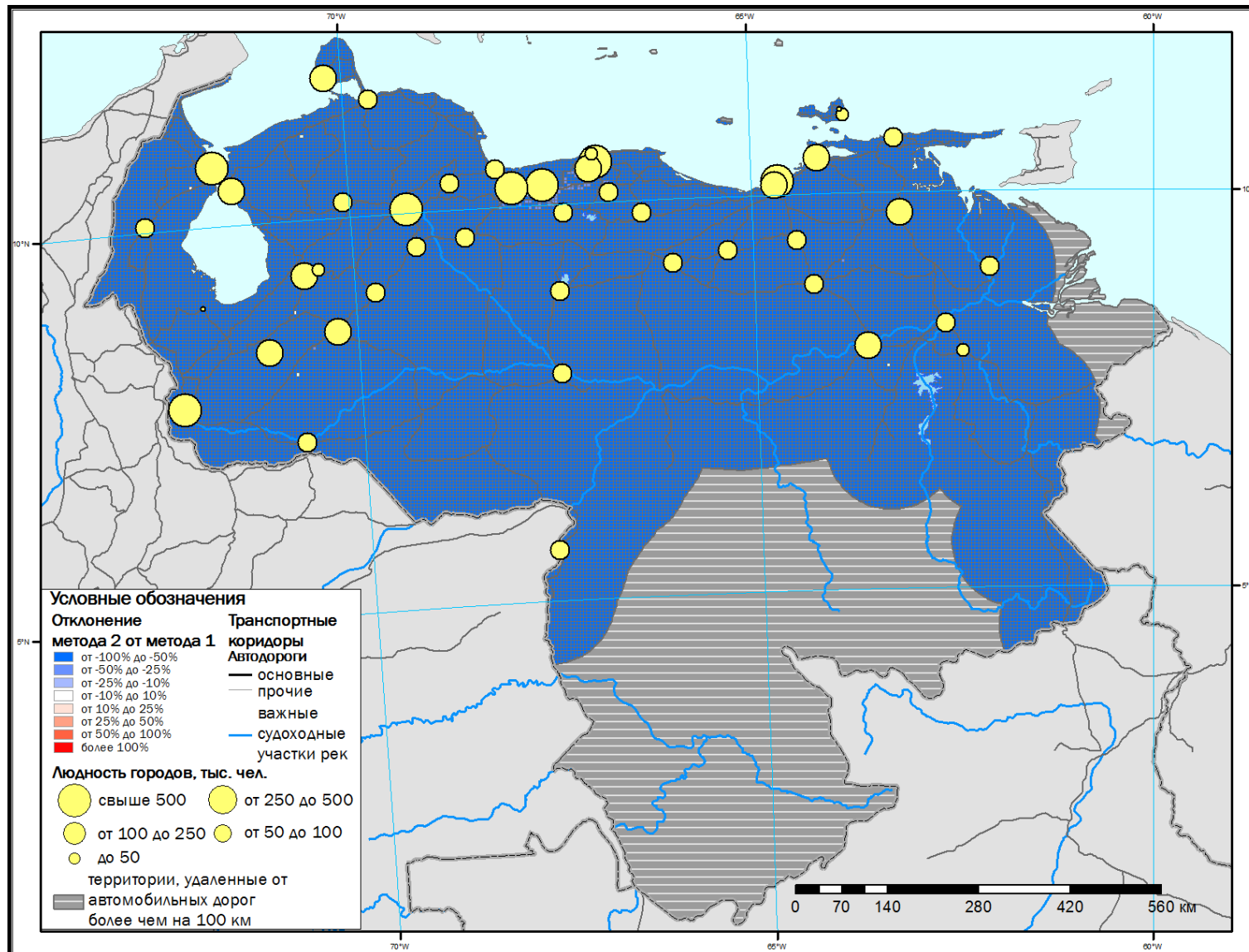


Рис. 37. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Венесуэлы методом оценки пространственного разграничения и методом потенциалов 1. Составлено автором

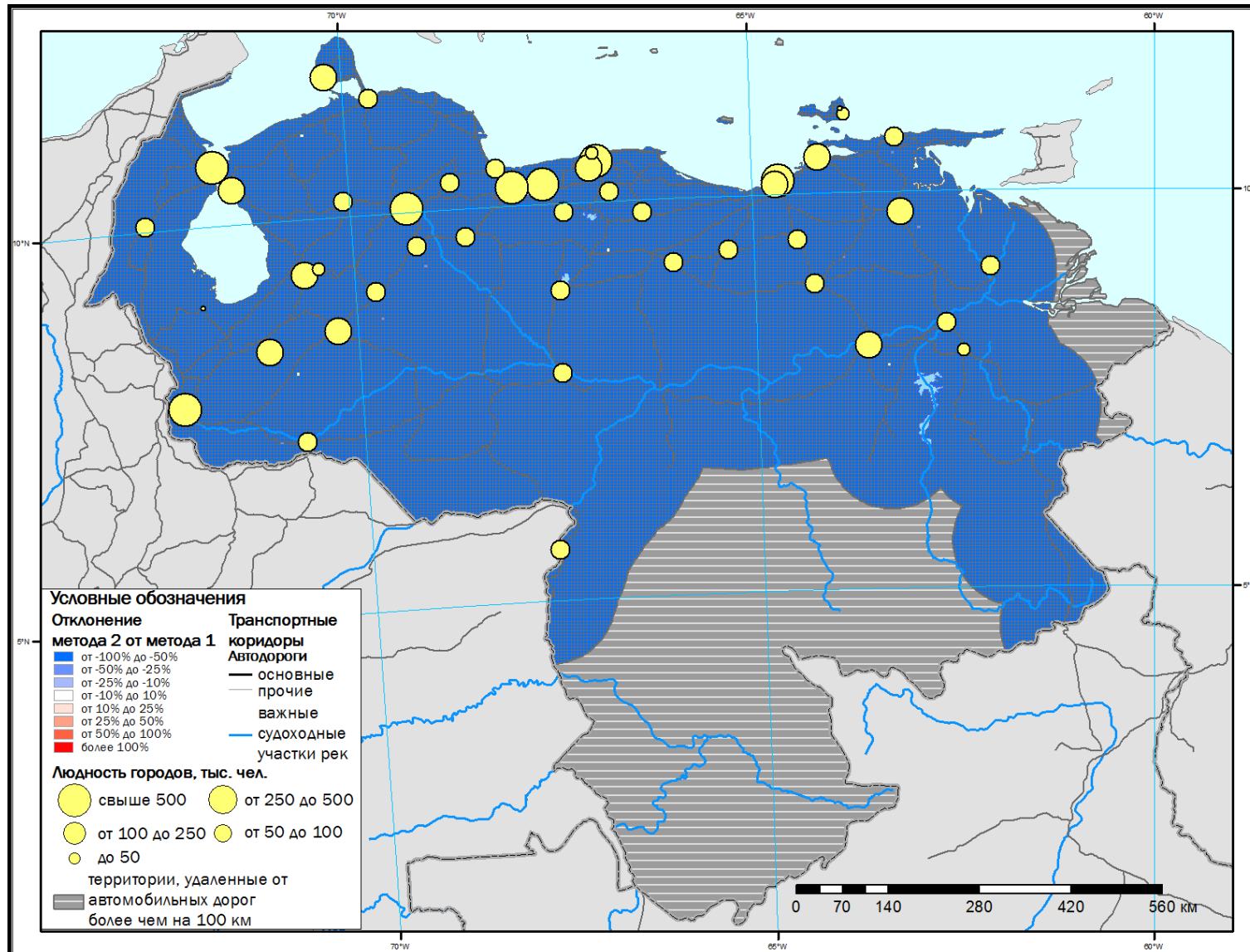


Рис. 38. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Венесуэлы методом оценки пространственного разграничения и методом потенциалов 2. Составлено автором

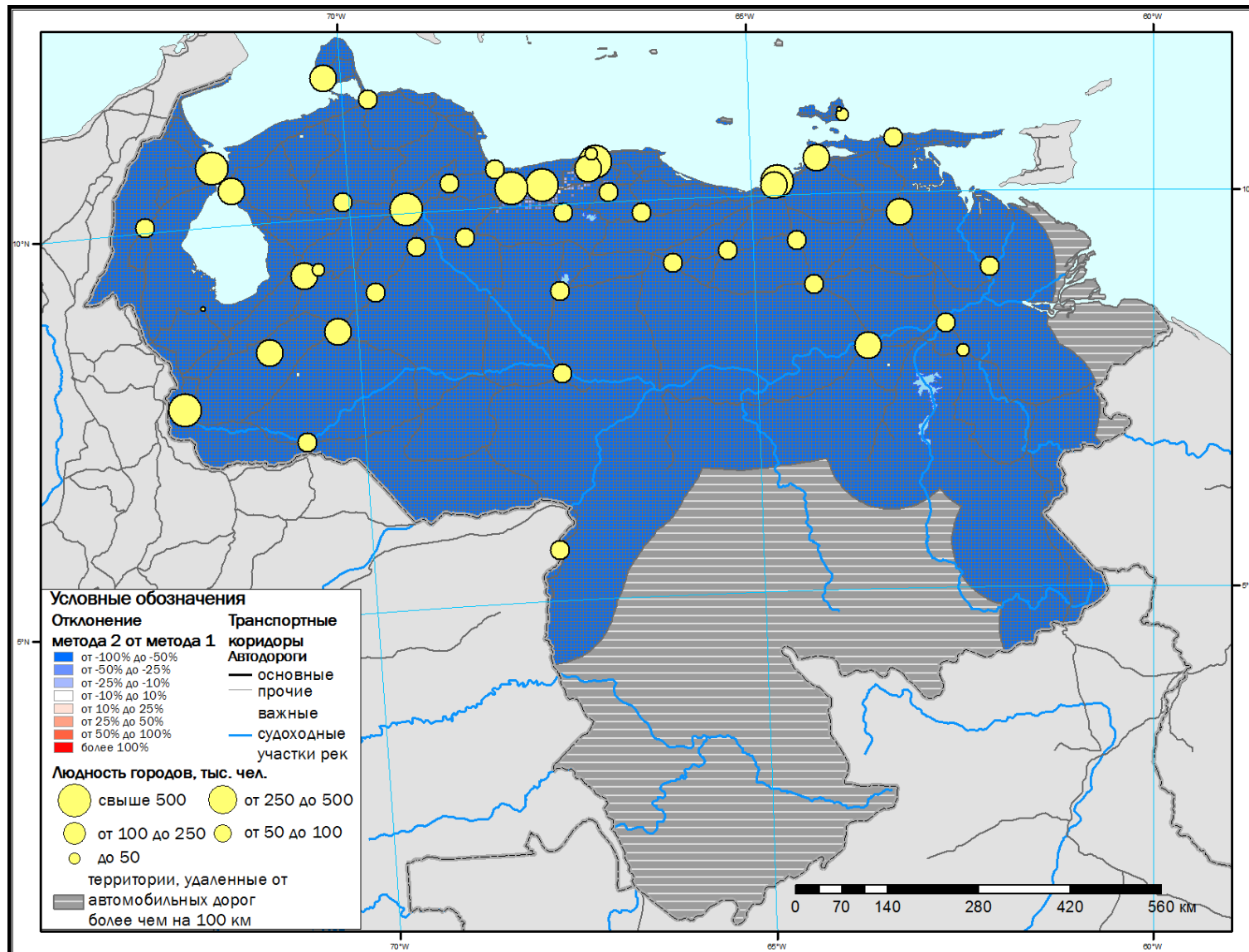


Рис. 39. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Венесуэлы методом оценки пространственного разграничения и методом потенциалов 3. Составлено автором

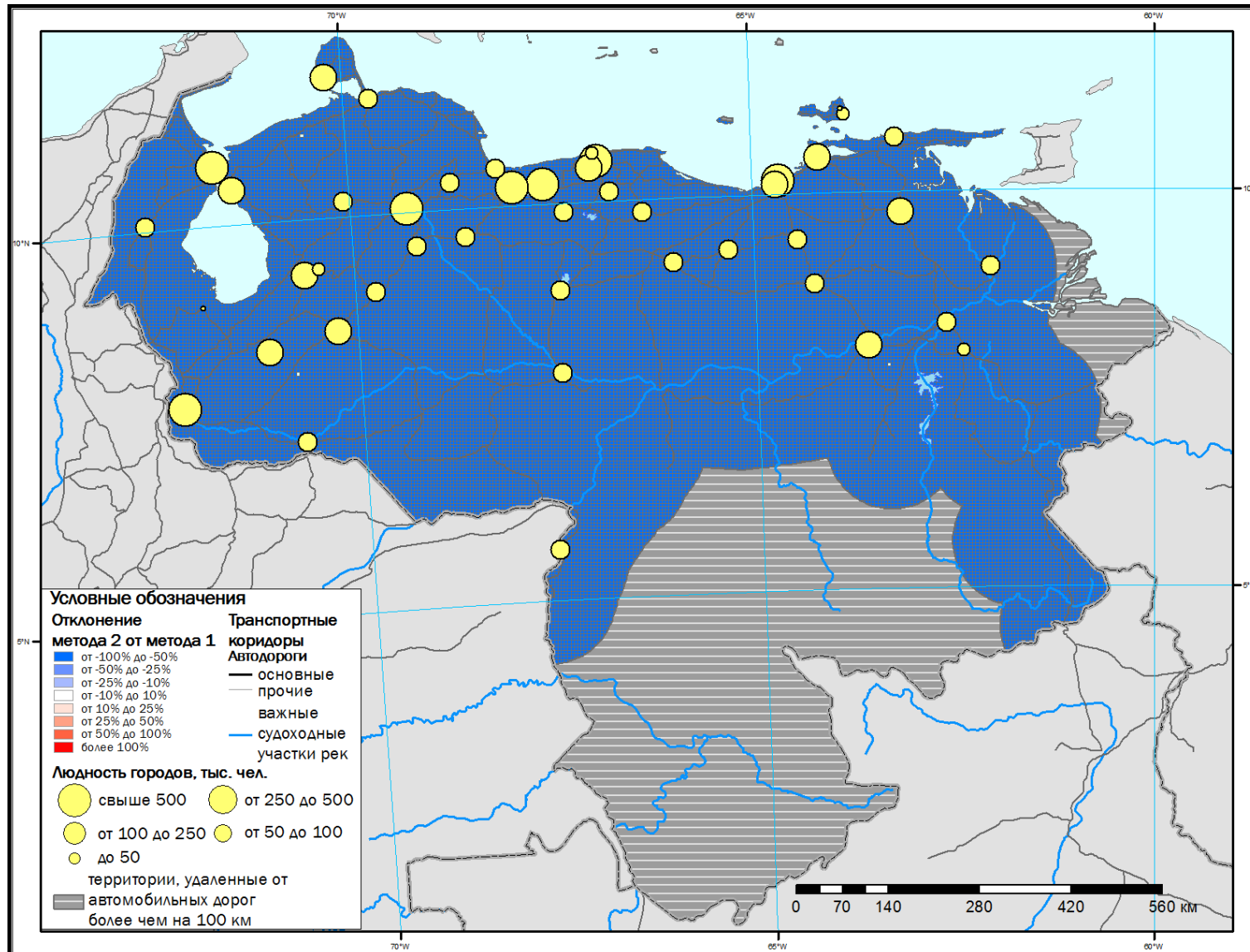


Рис. 40. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Венесуэлы методом оценки пространственного разграничения и методом потенциалов 4. Составлено автором

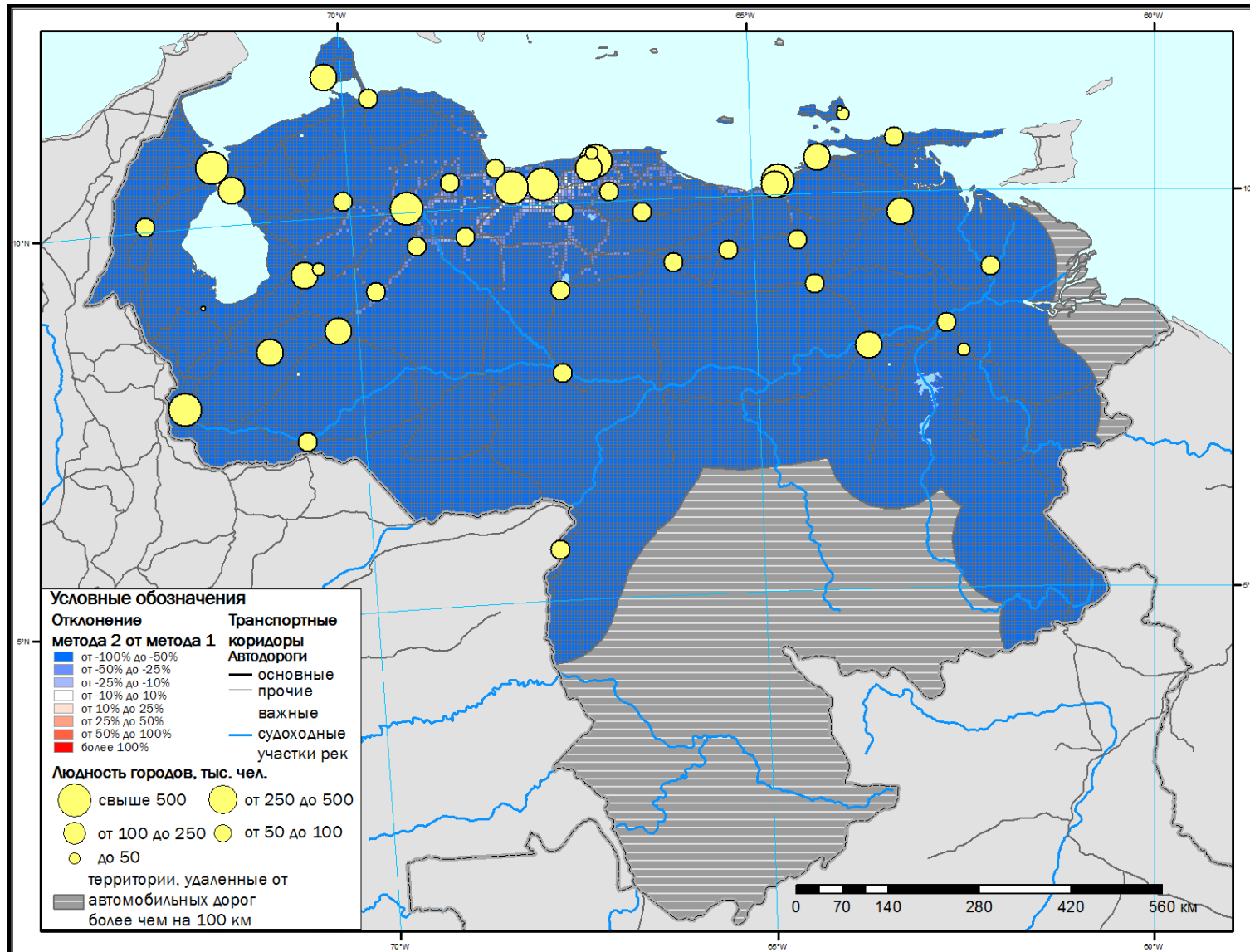


Рис. 41. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Венесуэлы методом оценки пространственного разграничения и методом потенциалов 5. Составлено автором

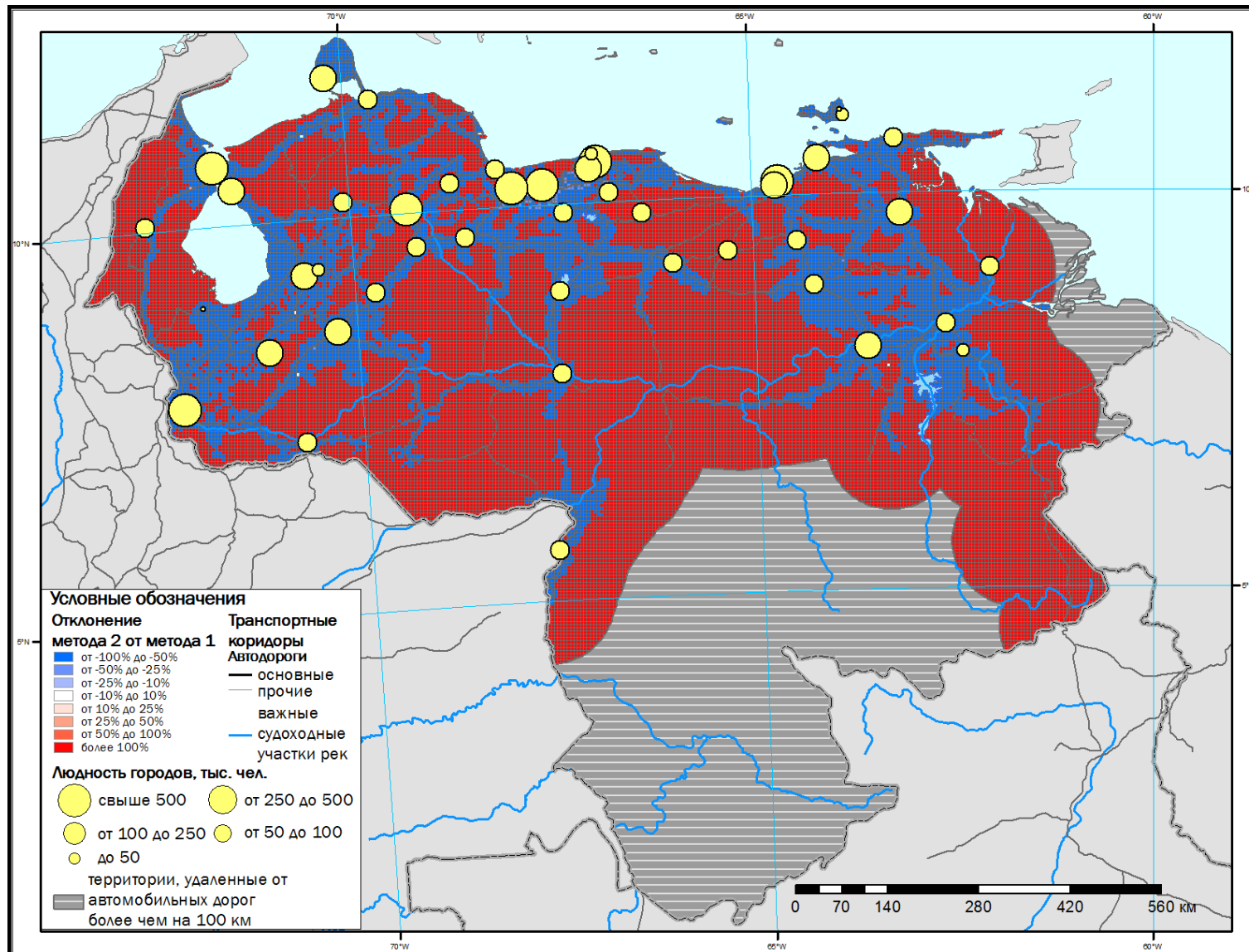


Рис. 42. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Венесуэлы методом изолиний и методом потенциалов 1. Составлено автором

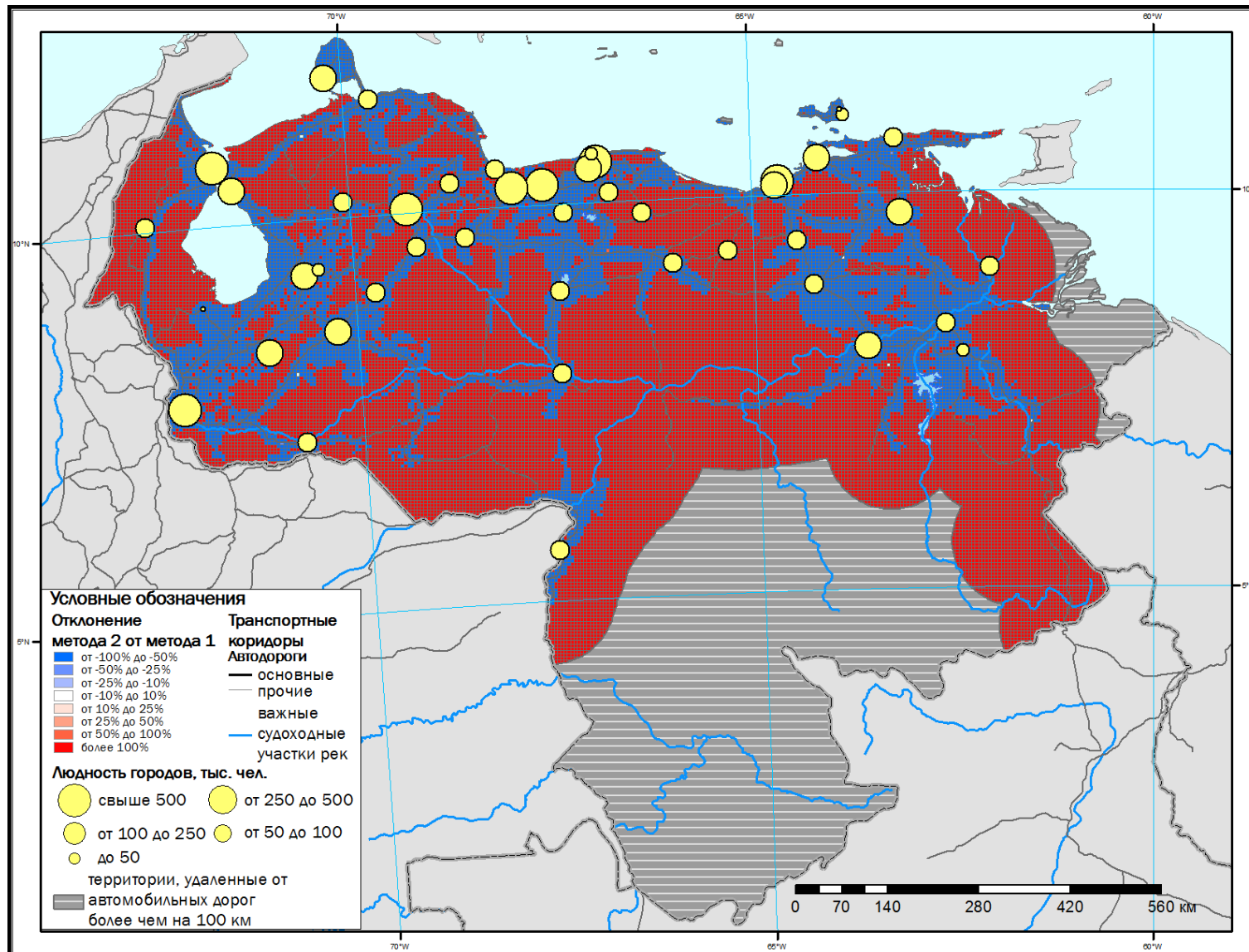


Рис. 43. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Венесуэлы методом изолиний и методом потенциалов 2. Составлено автором

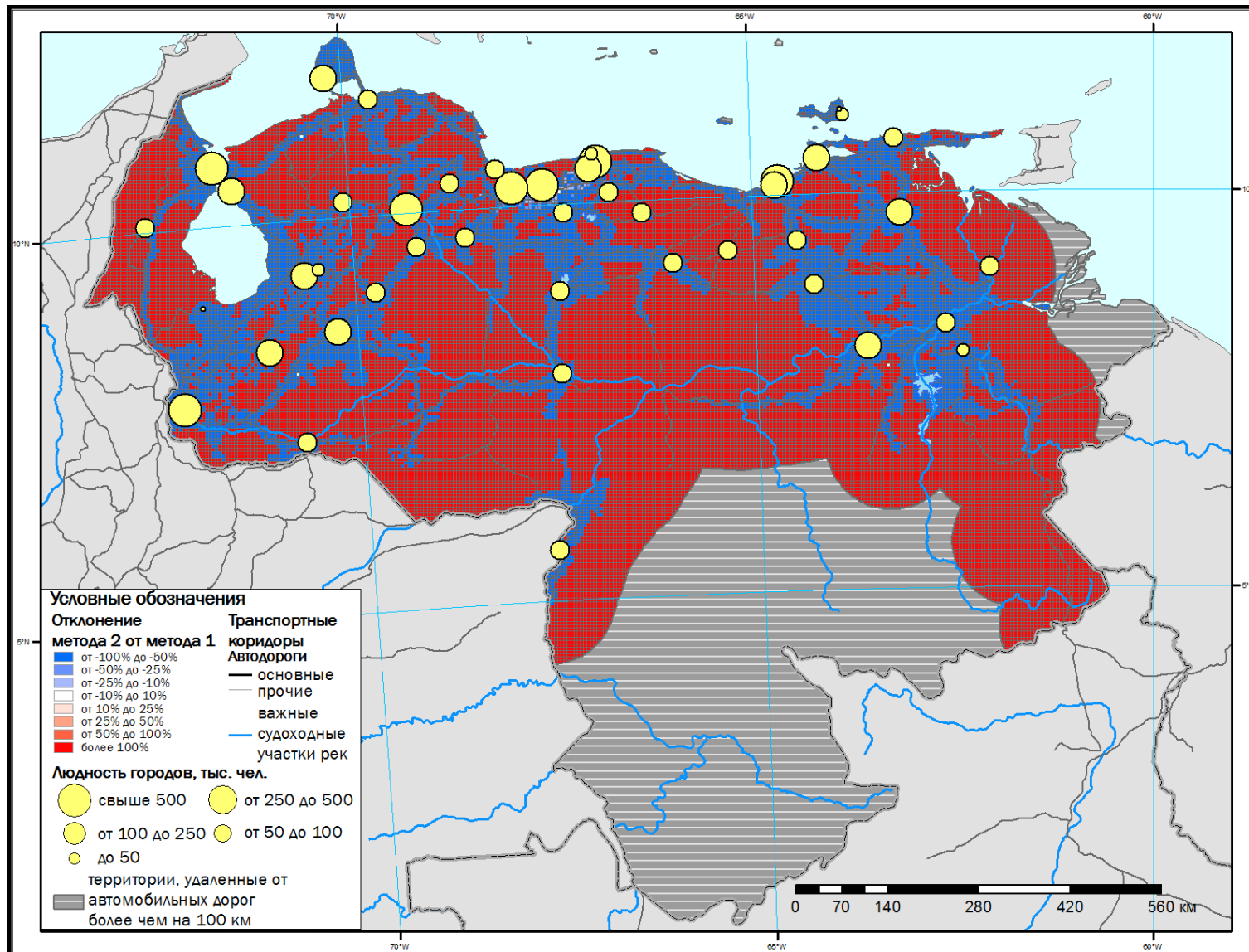


Рис. 44. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Венесуэлы методом изолиний и методом потенциалов 3. Составлено автором

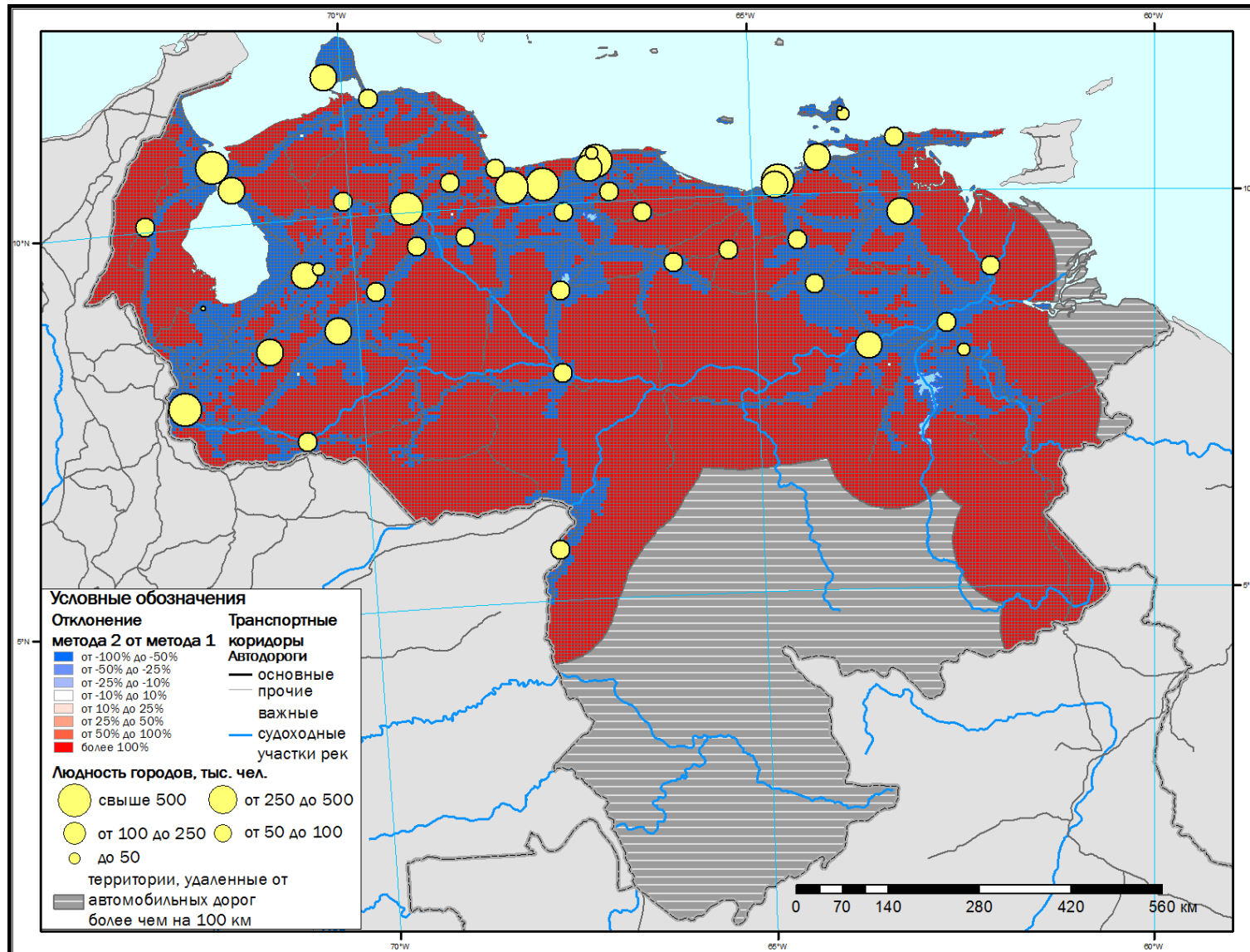


Рис. 45. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Венесуэлы методом изолиний и методом потенциалов 4. Составлено автором

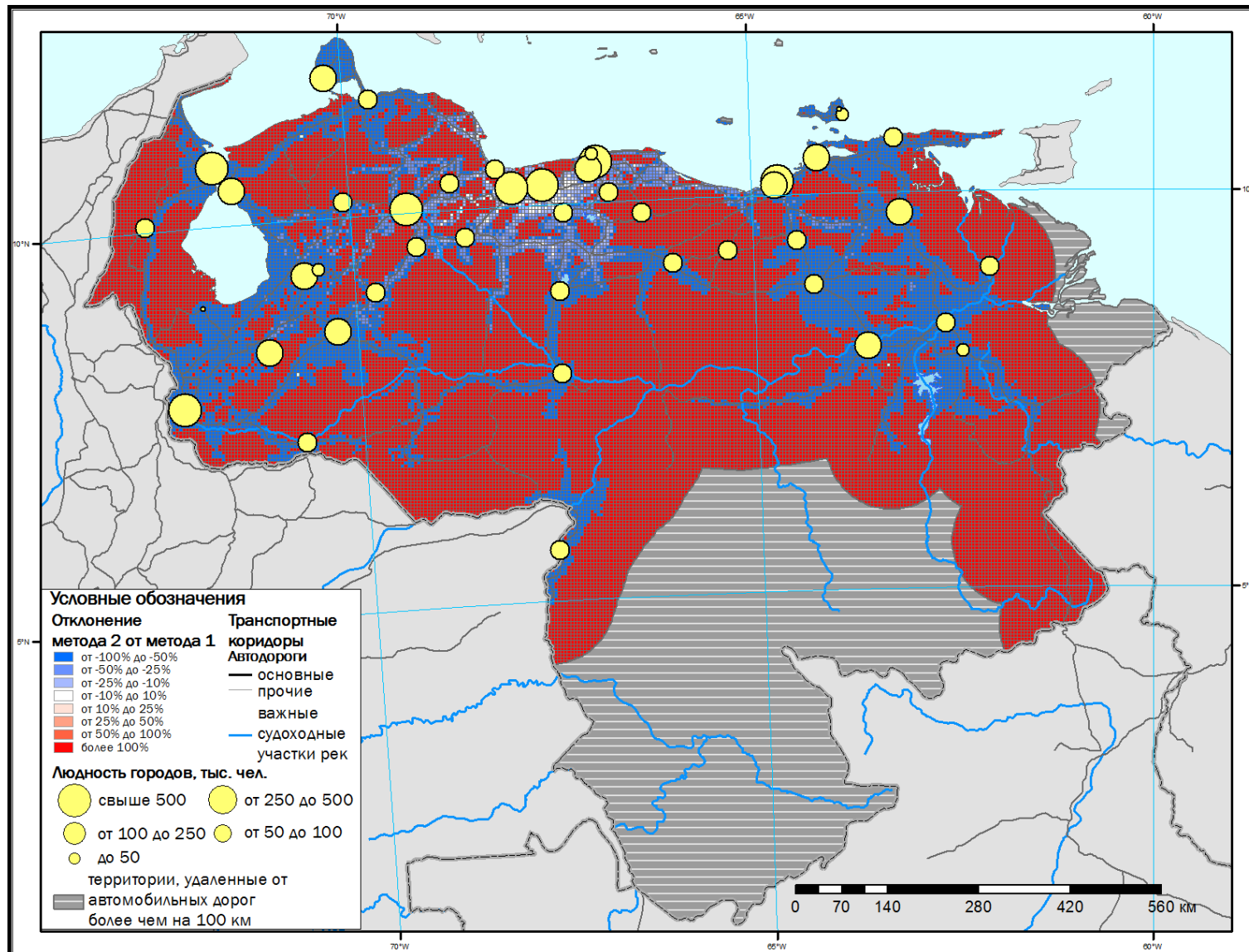


Рис. 46. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Венесуэлы методом изолиний и методом потенциалов 5. Составлено автором

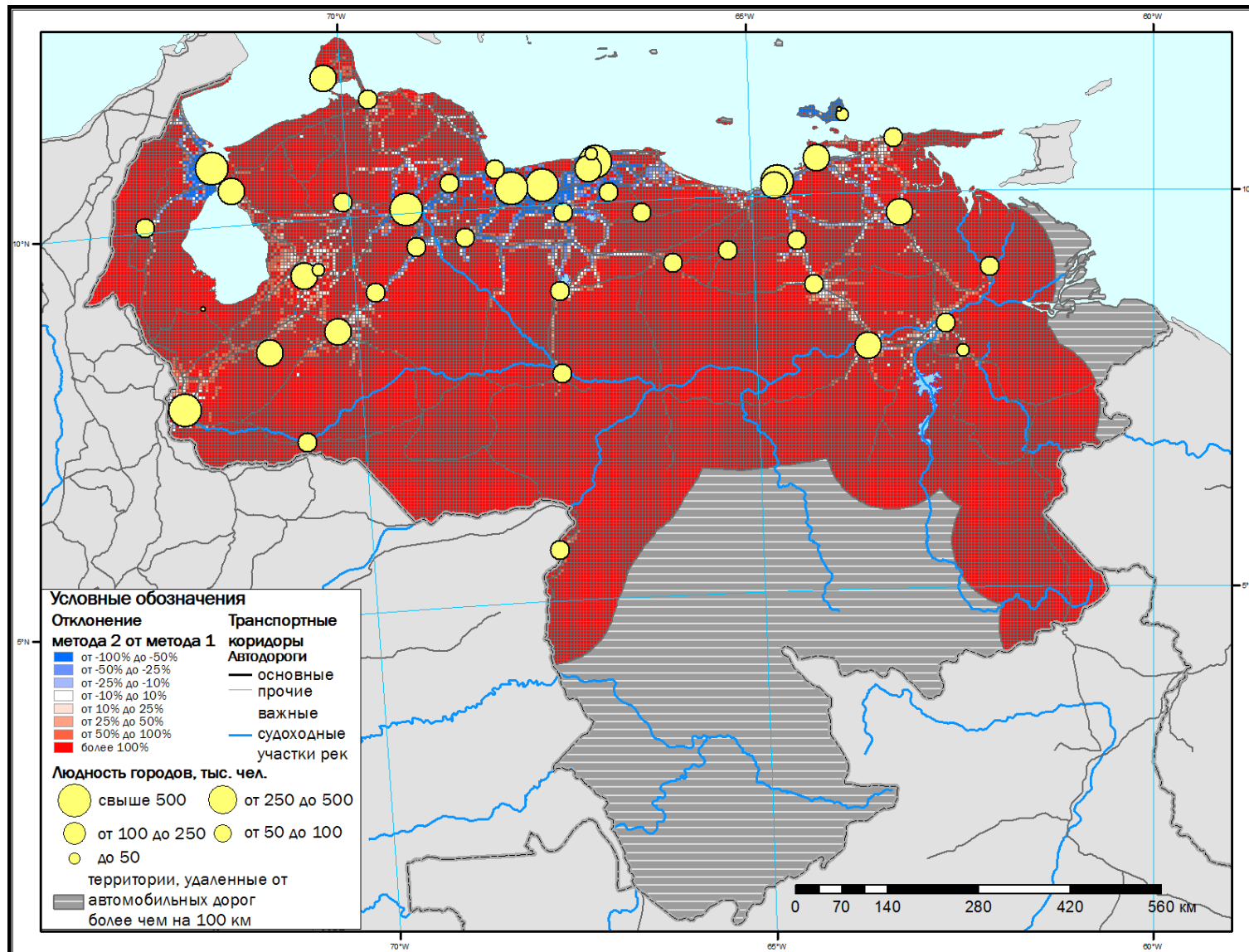


Рис. 47. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Венесуэлы методом потенциалов 1 и методом потенциалов 2. Составлено автором

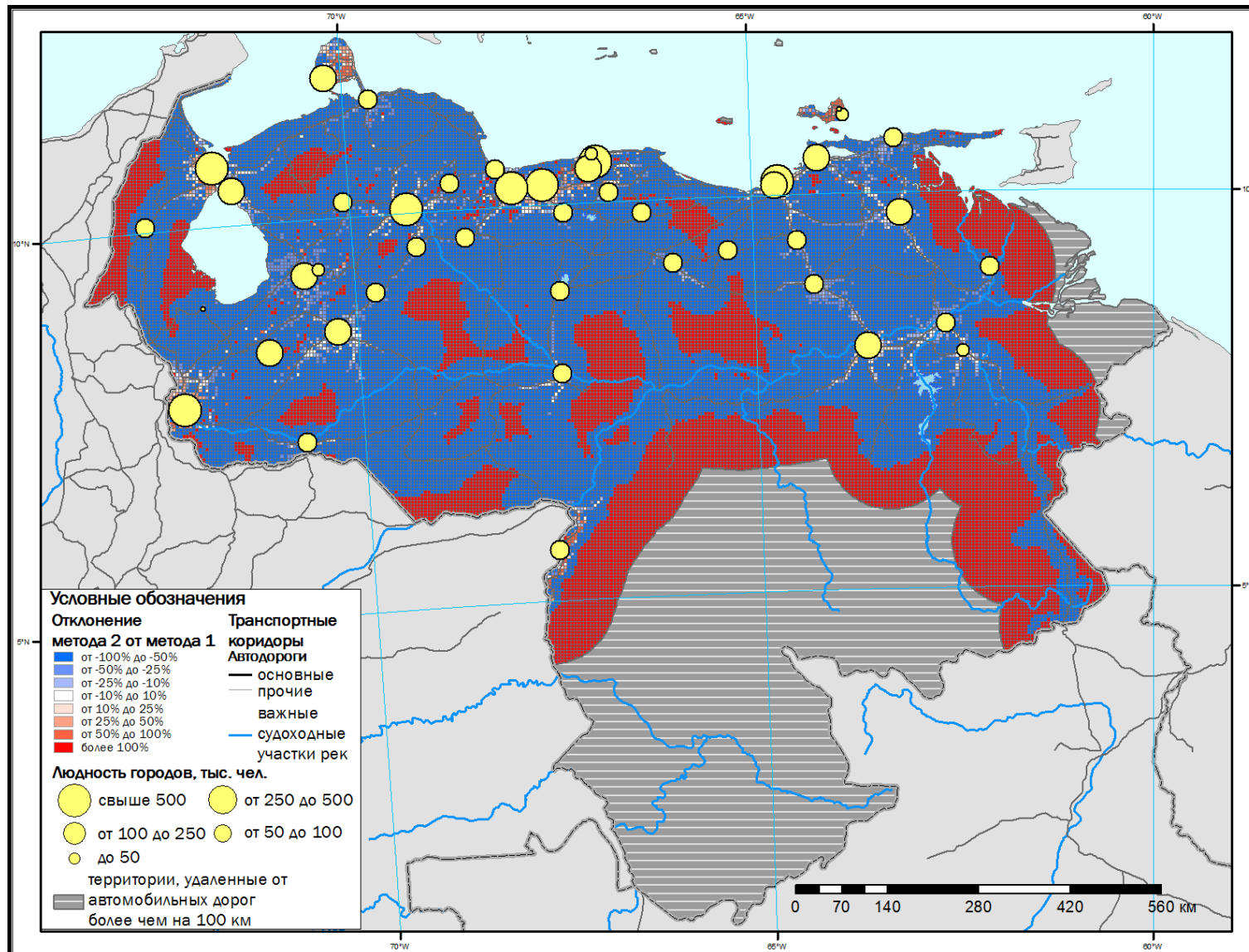


Рис. 48. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Венесуэлы методом потенциалов 1 и методом потенциалов 3. Составлено автором

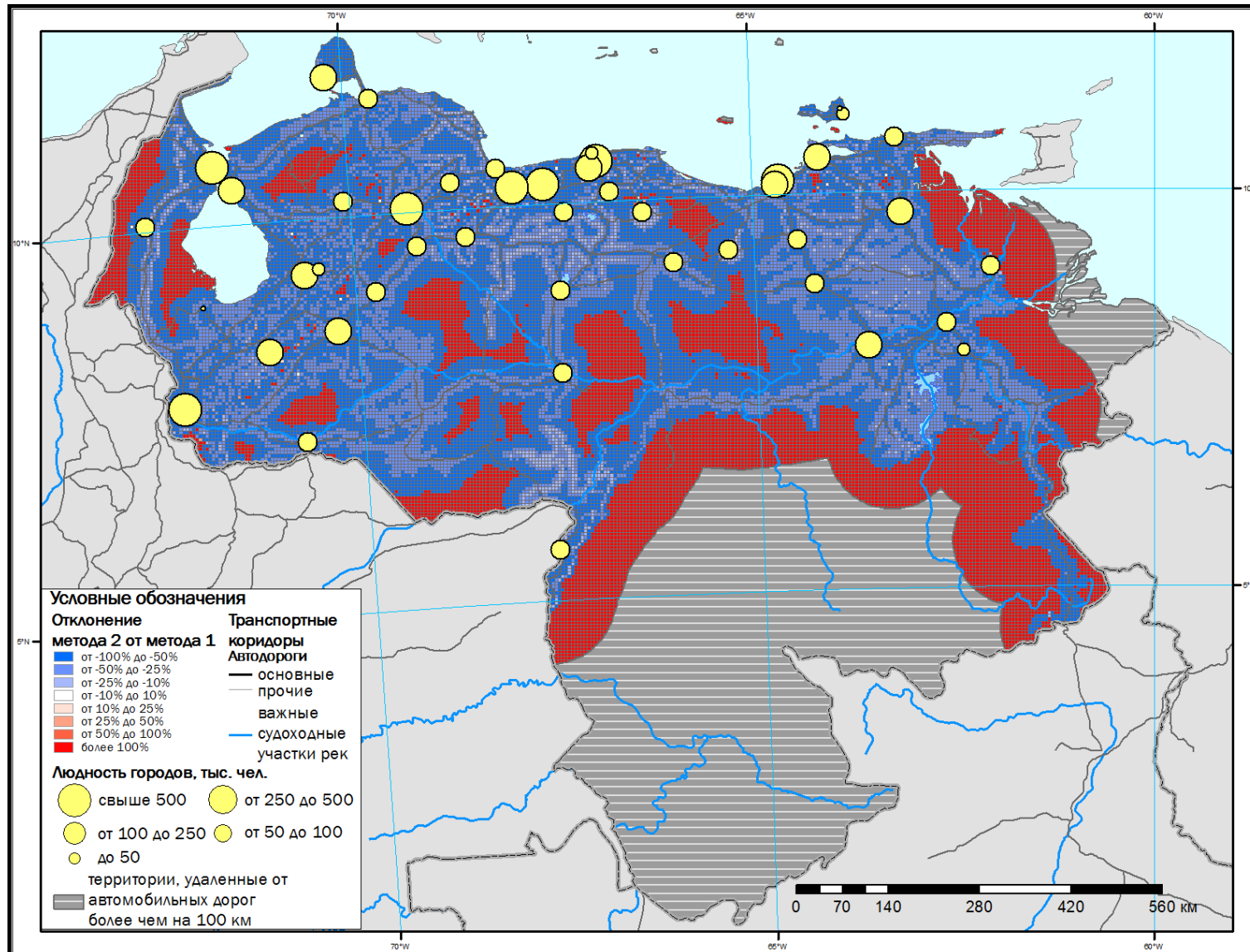


Рис. 49. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Венесуэлы методом потенциалов 1 и методом потенциалов 4. Составлено автором

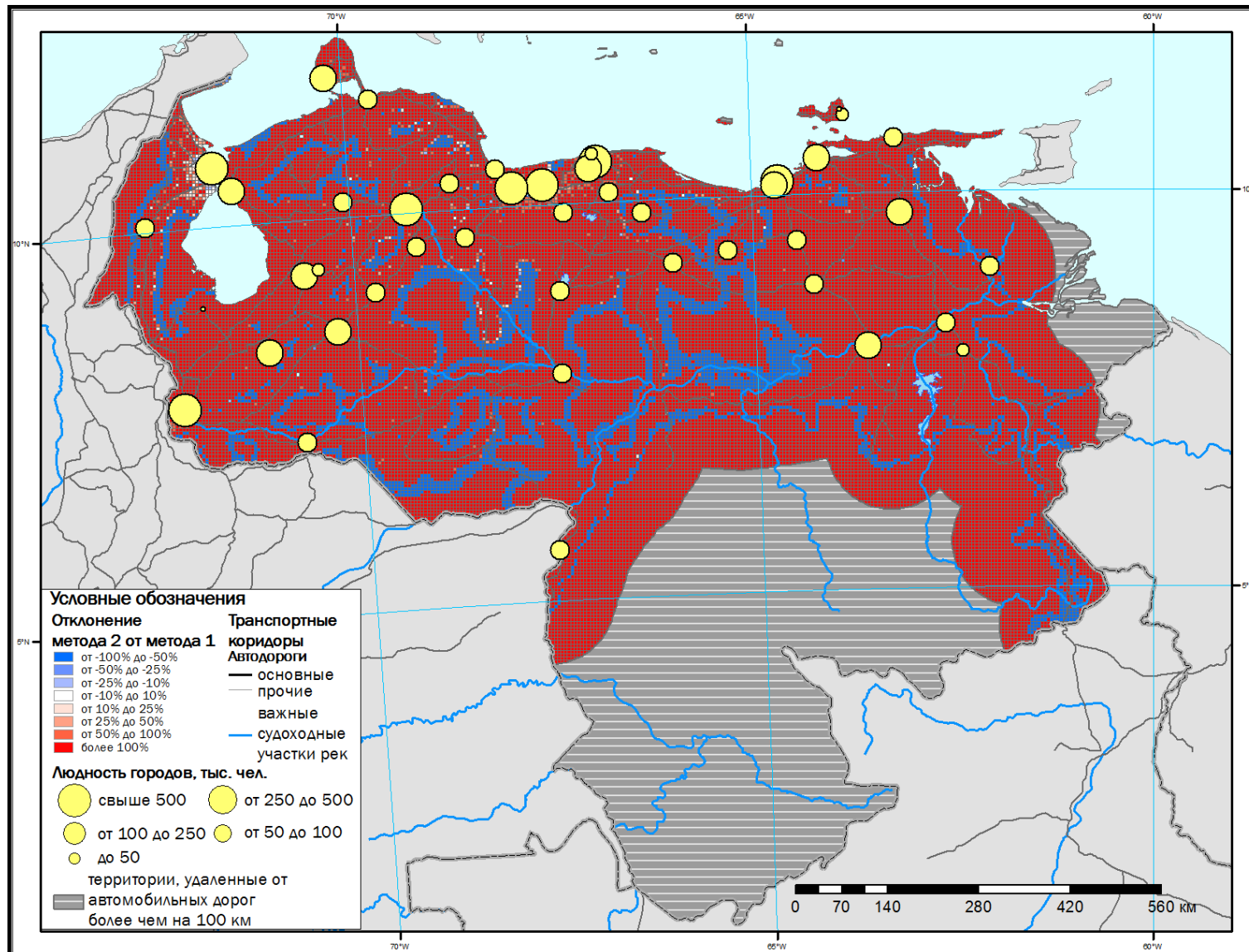


Рис. 50. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Венесуэлы методом потенциалов 1 и методом потенциалов 5. Составлено автором

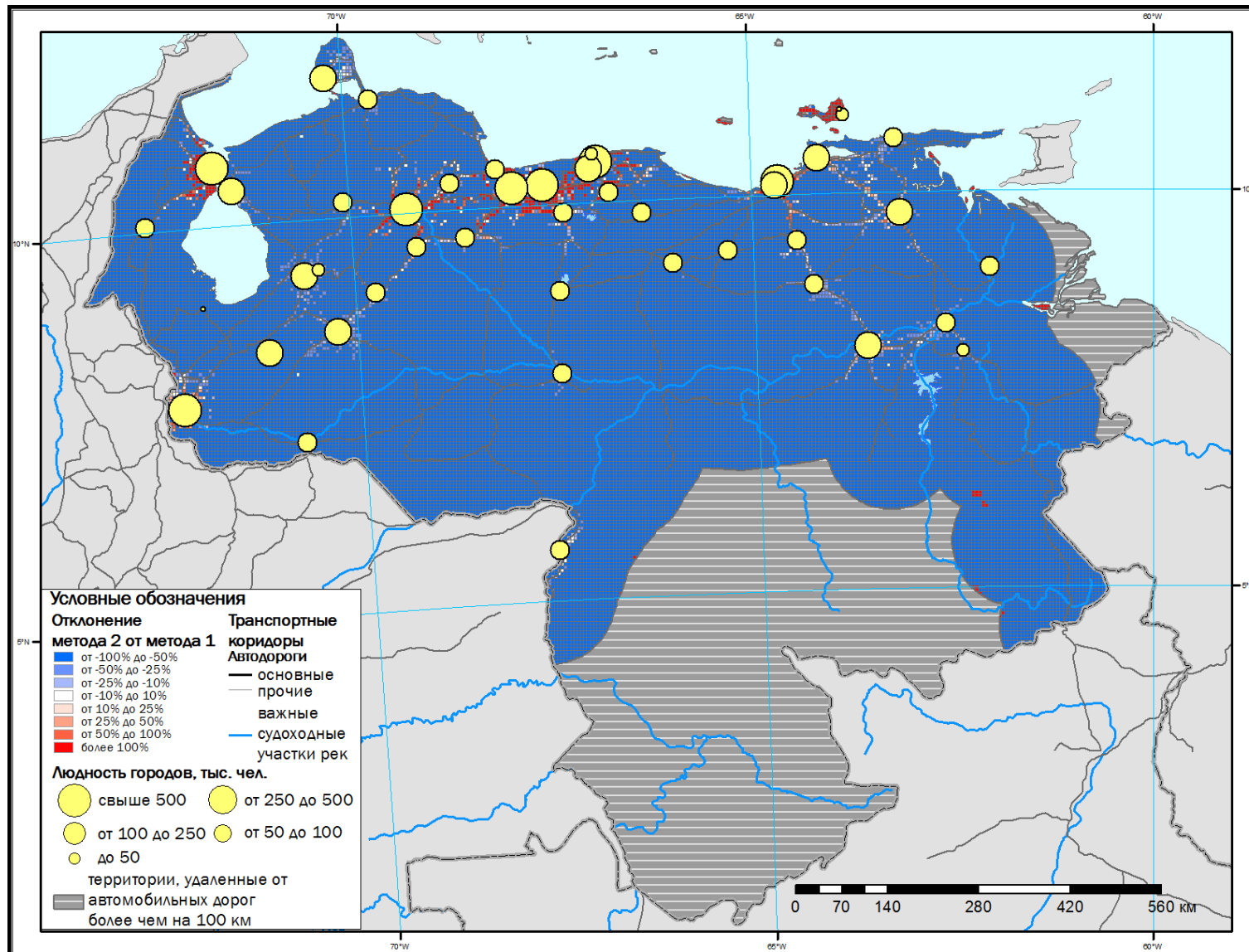


Рис. 51. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Венесуэлы методом потенциалов 2 и методом потенциалов 3. Составлено автором

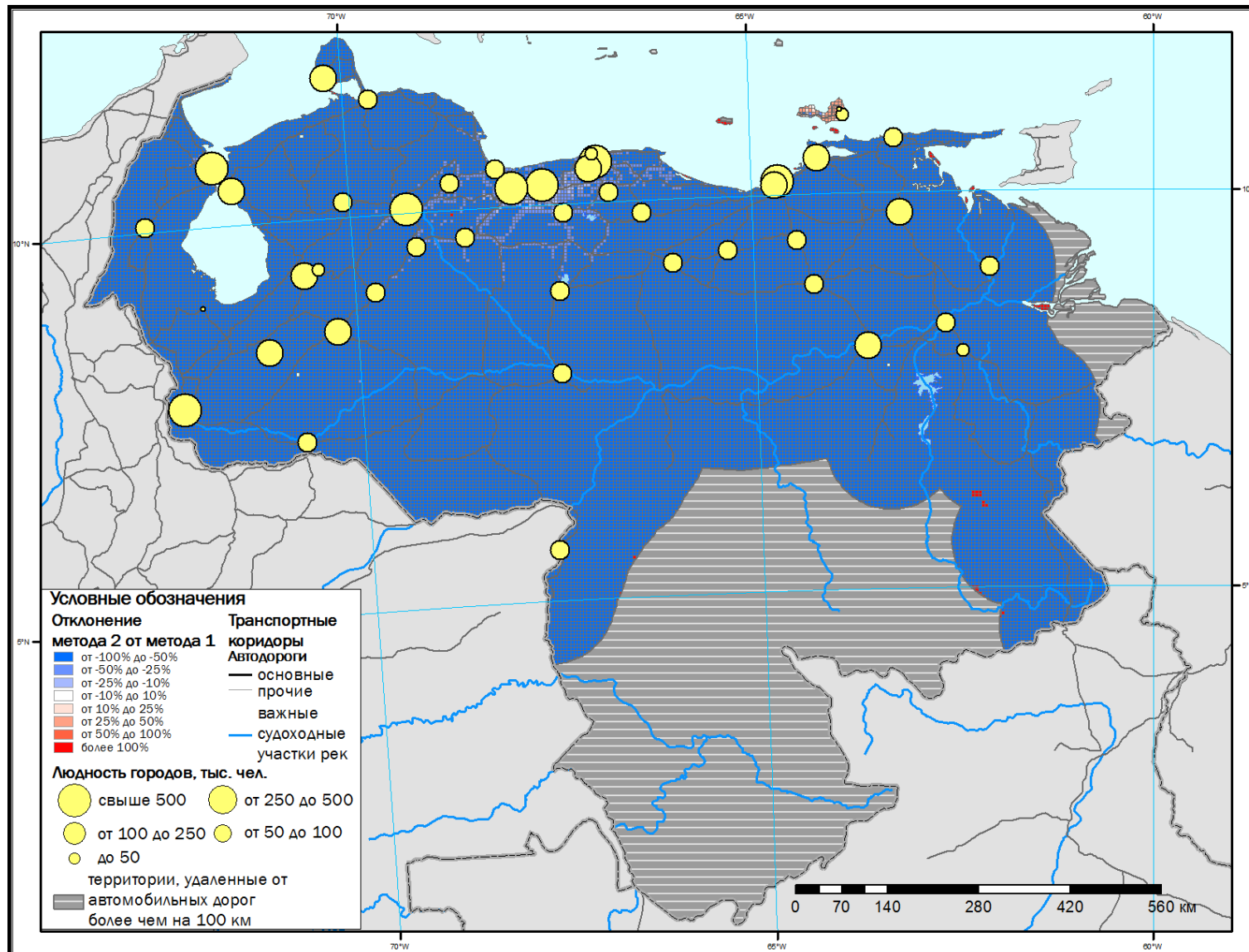


Рис. 52. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Венесуэлы методом потенциалов 2 и методом потенциалов 4. Составлено автором

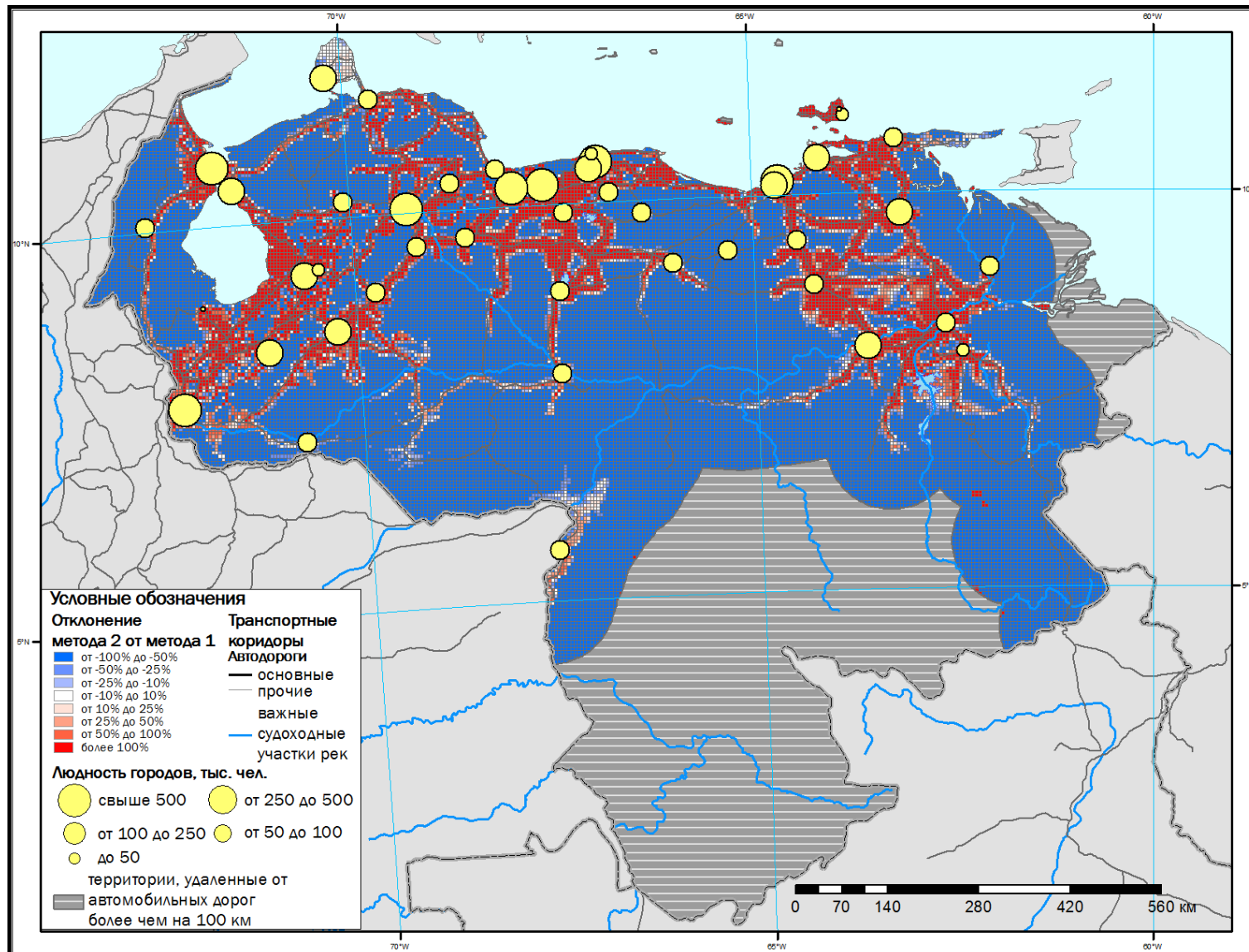


Рис. 53. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Венесуэлы методом потенциалов 2 и методом потенциалов 5. Составлено автором

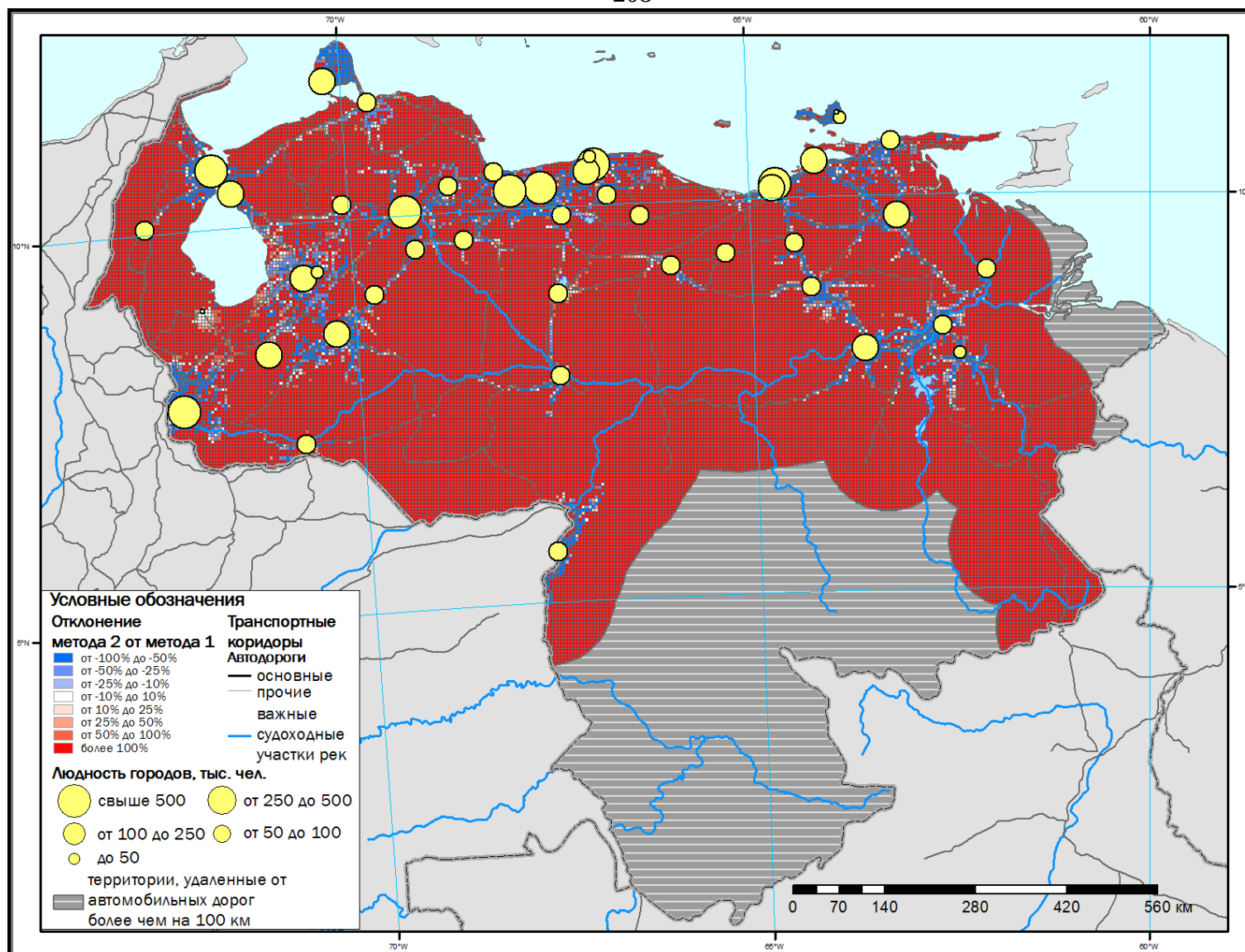


Рис. 54. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Венесуэлы методом потенциалов 3 и методом потенциалов 4. Составлено автором

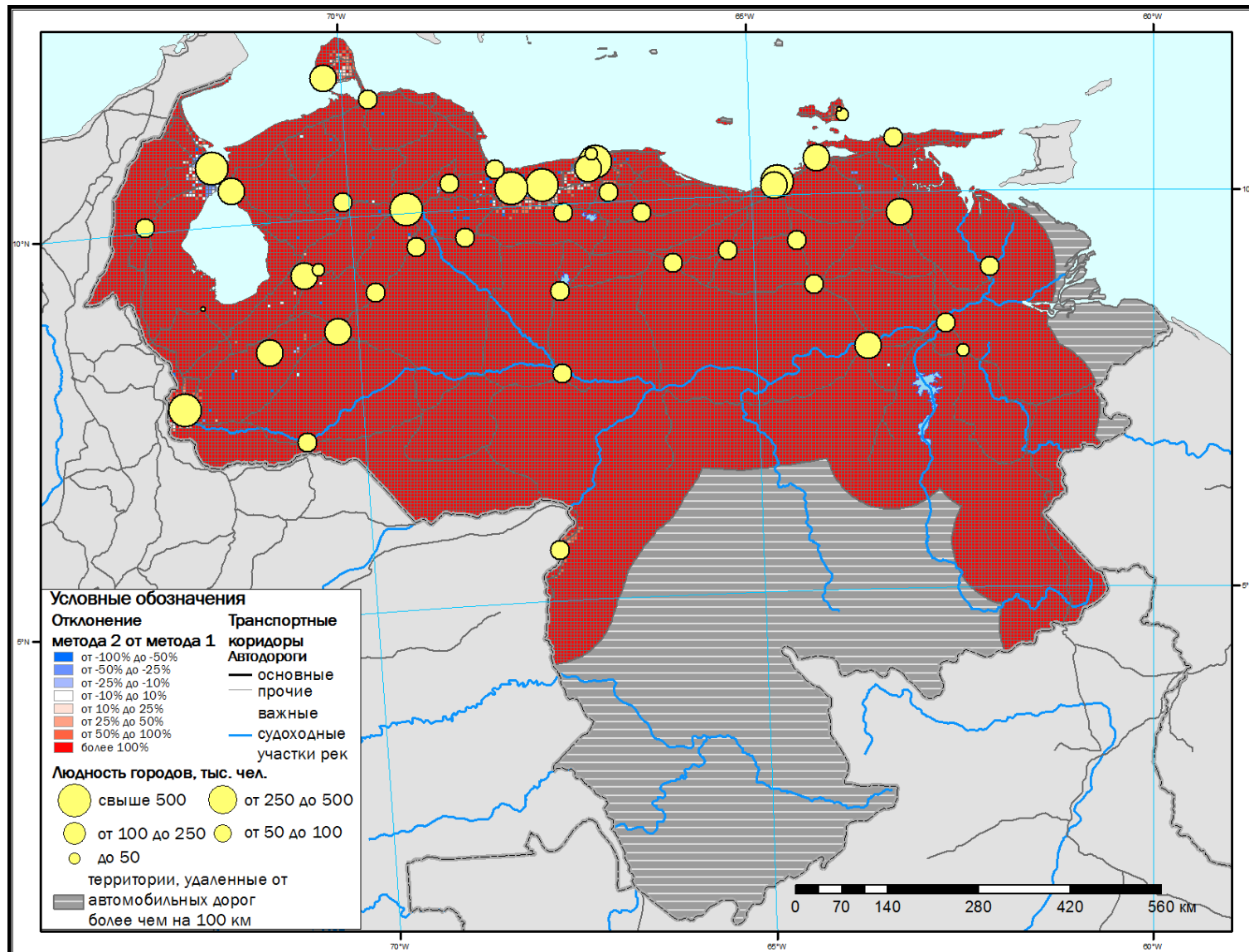


Рис. 55. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Венесуэлы методом потенциалов 3 и методом потенциалов 5. Составлено автором

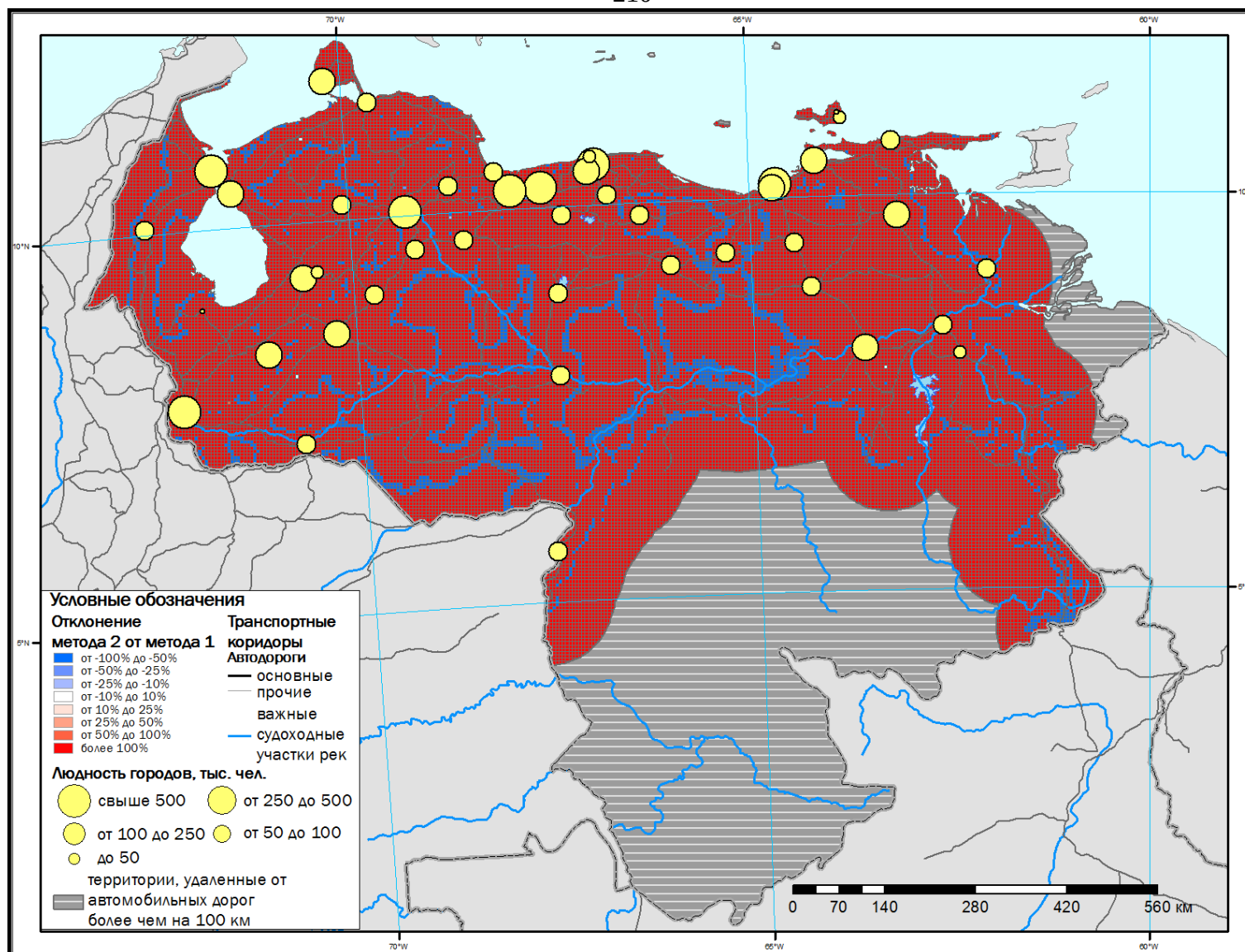


Рис. 56. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Венесуэлы методом потенциалов 4 и методом потенциалов 5. Составлено автором

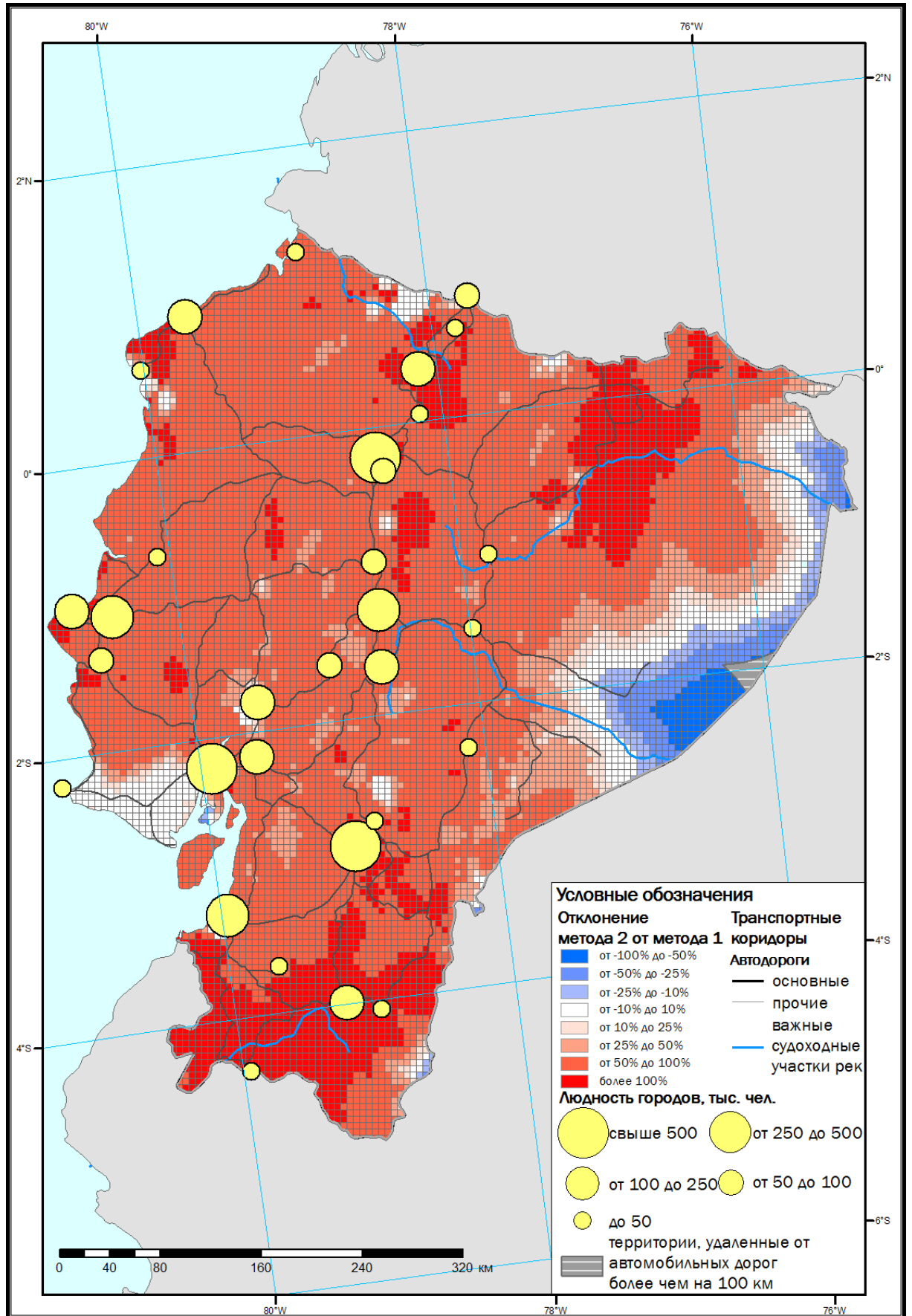


Рис. 57. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Эквадора топологическим методом и методом оценки пространственного разграничения. Составлено автором

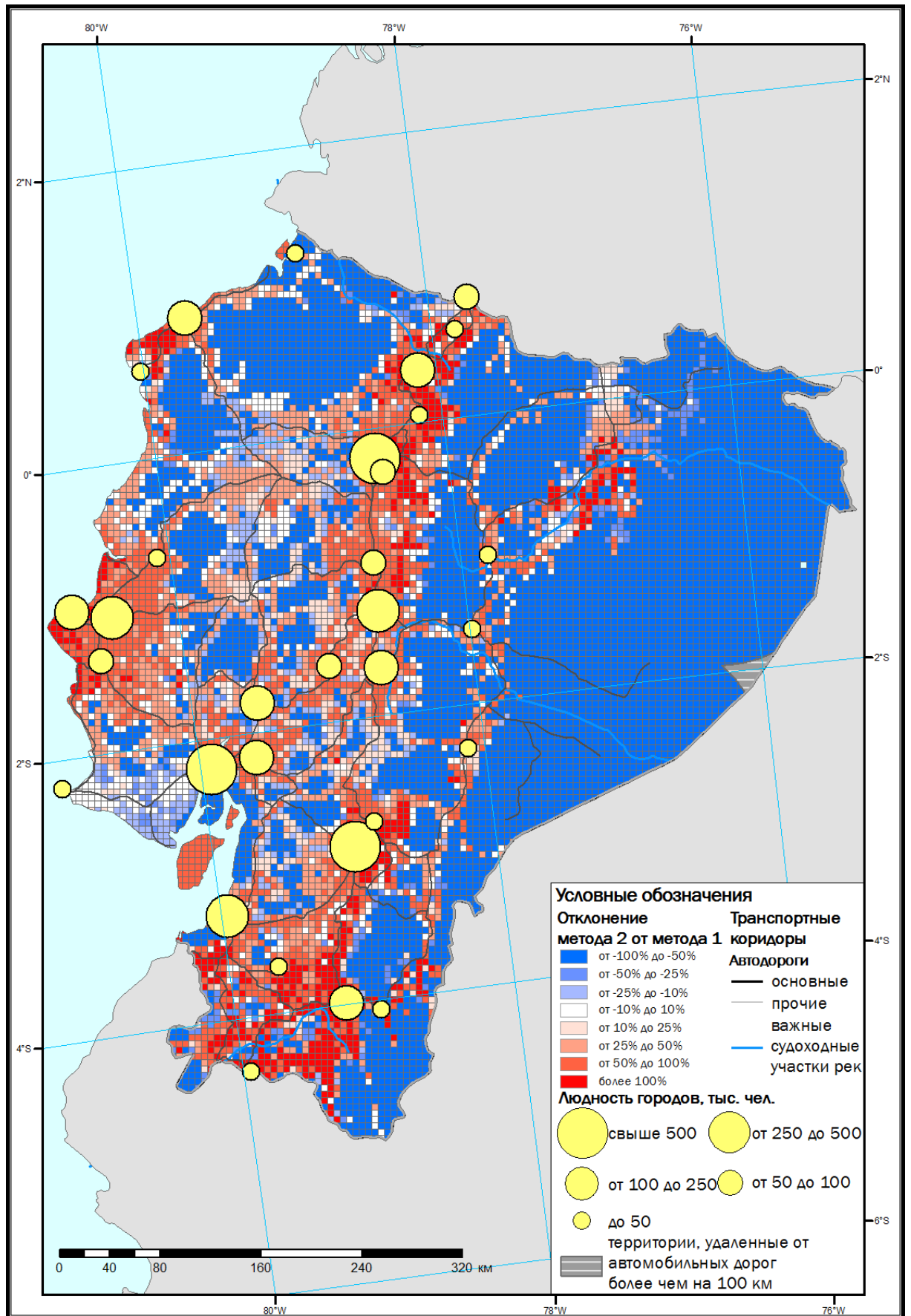


Рис. 58. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Эквадора топологическим методом и методом изолиний. Составлено автором

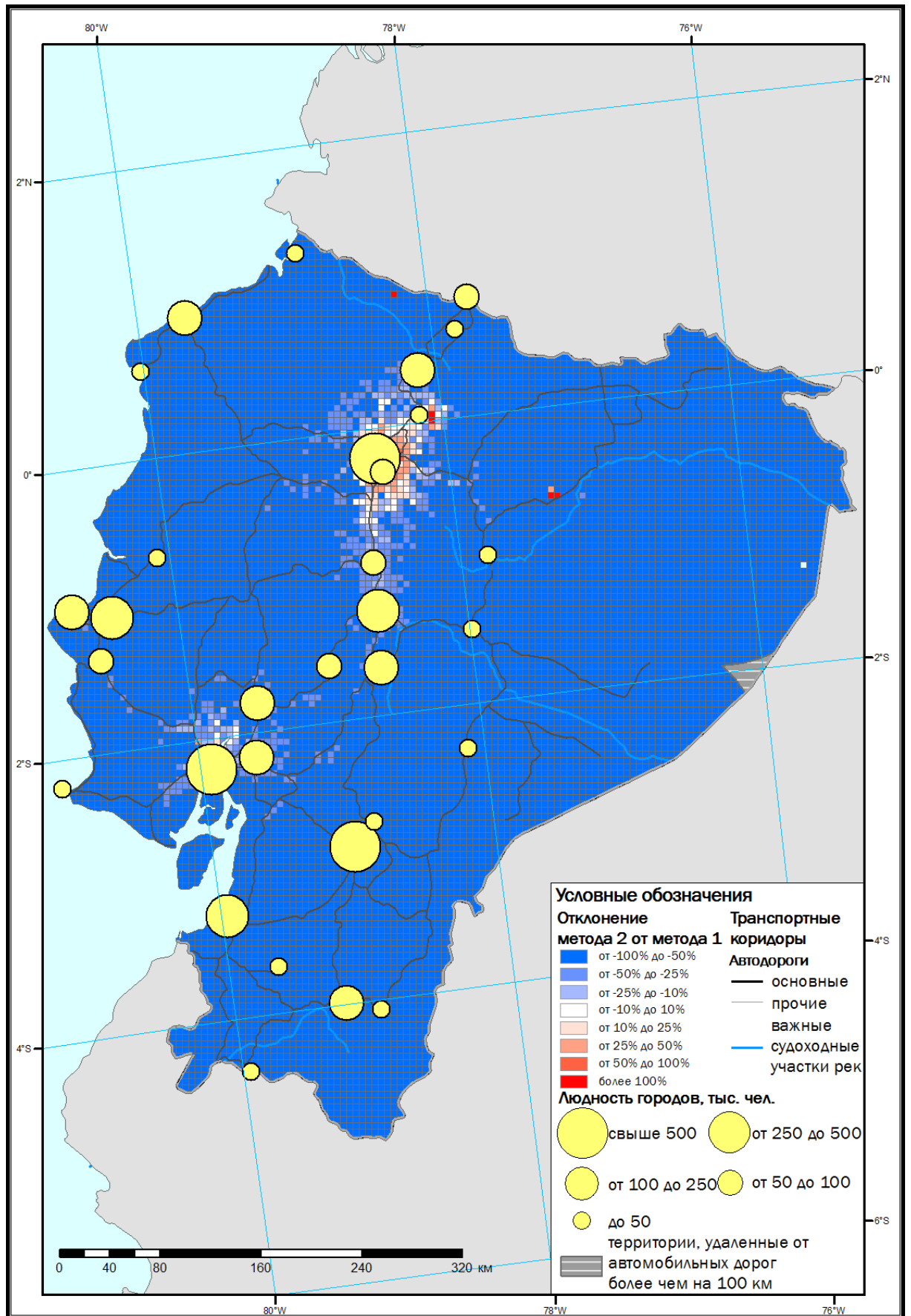


Рис. 59. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Эквадора топологическим методом и методом потенциалов 1. Составлено автором

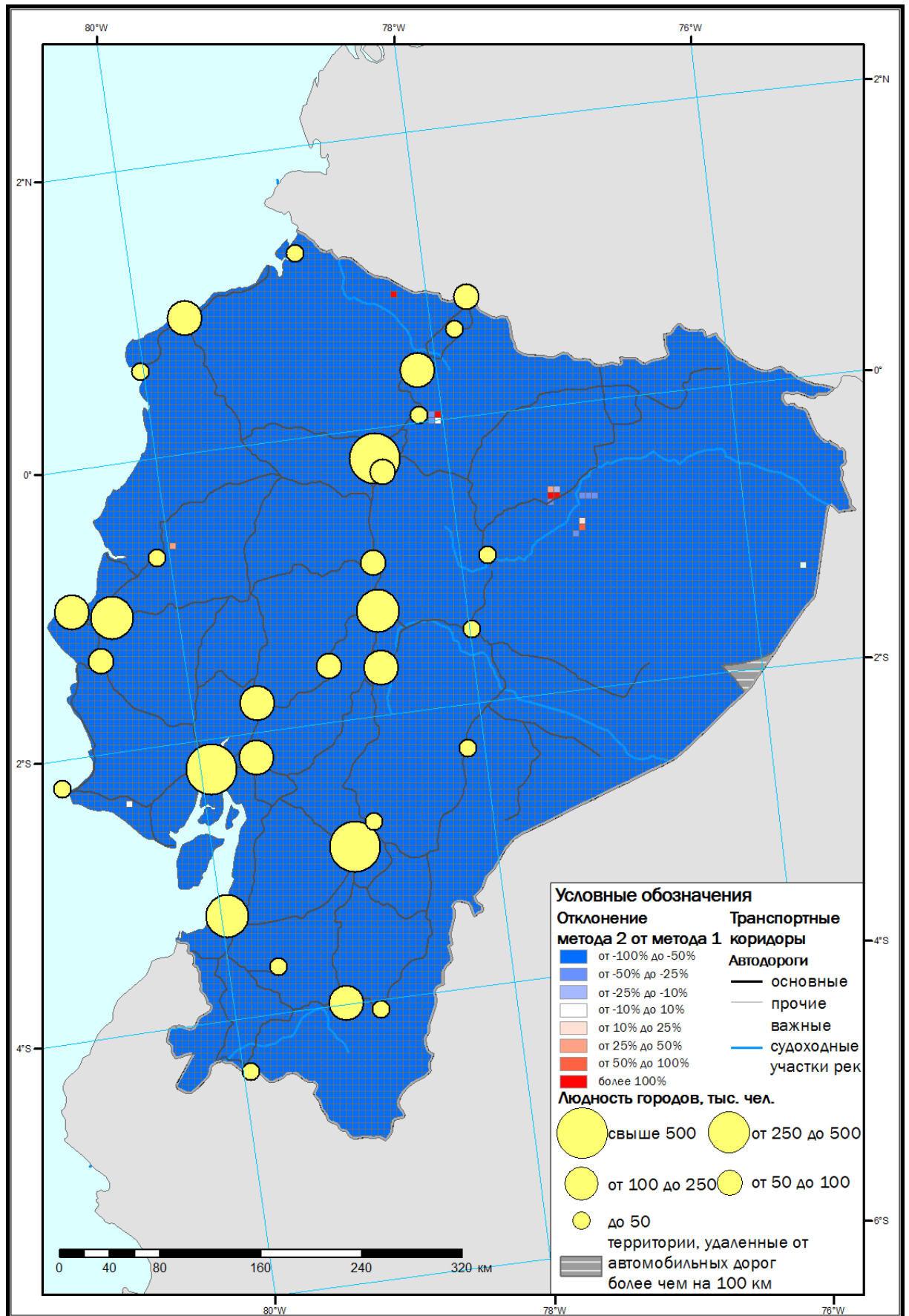


Рис. 60. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Эквадора топологическим методом и методом потенциалов 2. Составлено автором

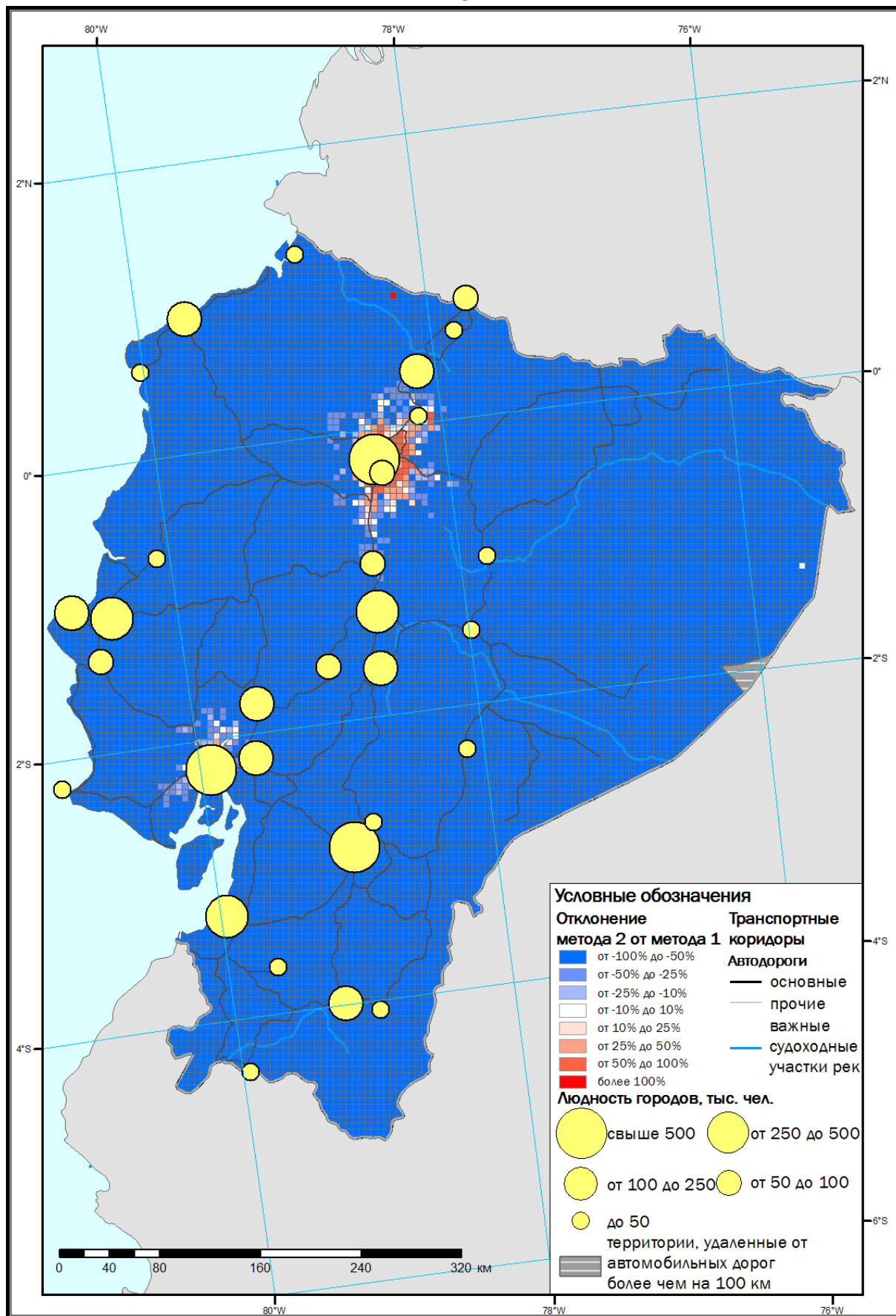


Рис. 61. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Эквадора топологическим методом и методом потенциалов 3. Составлено автором

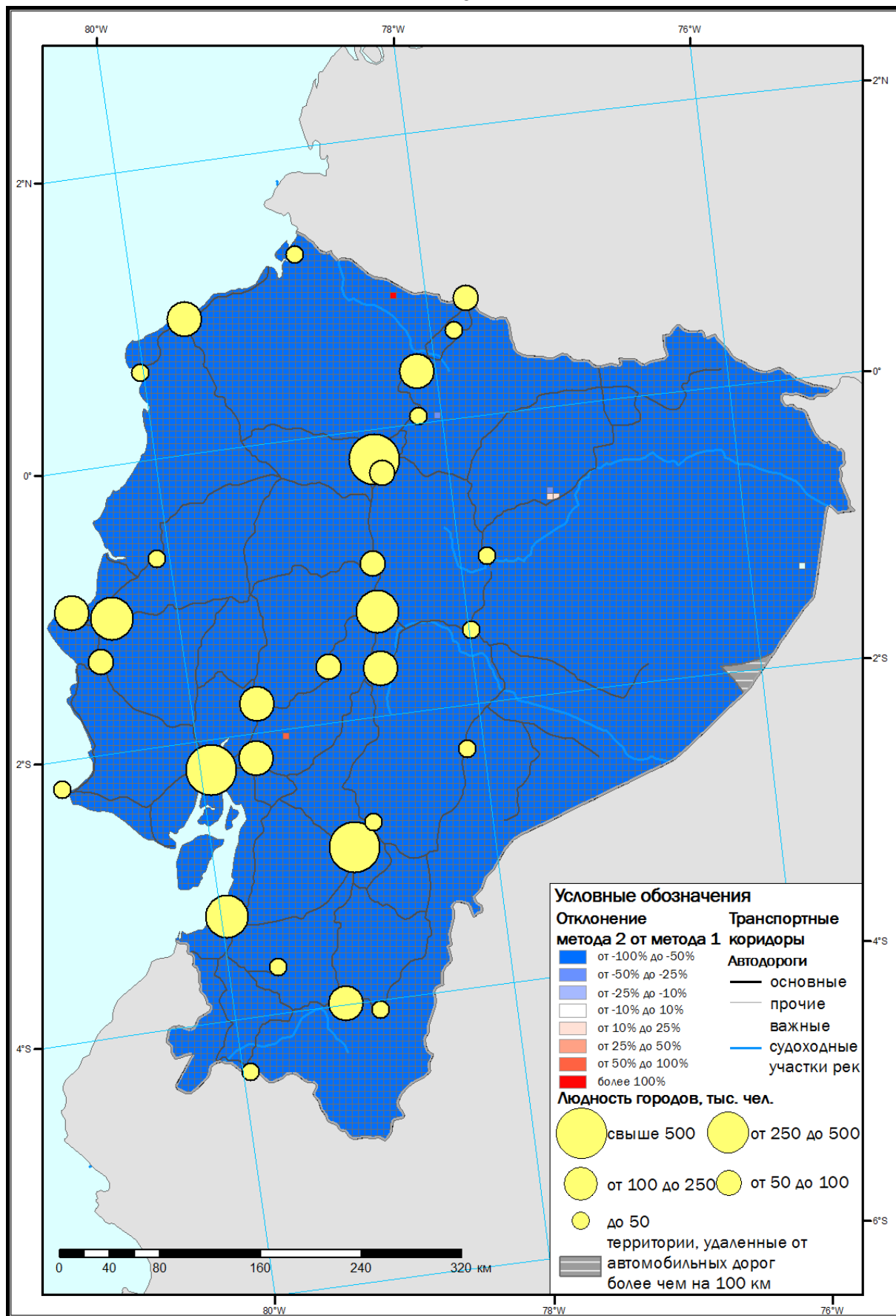


Рис. 62. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Эквадора топологическим методом и методом потенциалов 4. Составлено автором

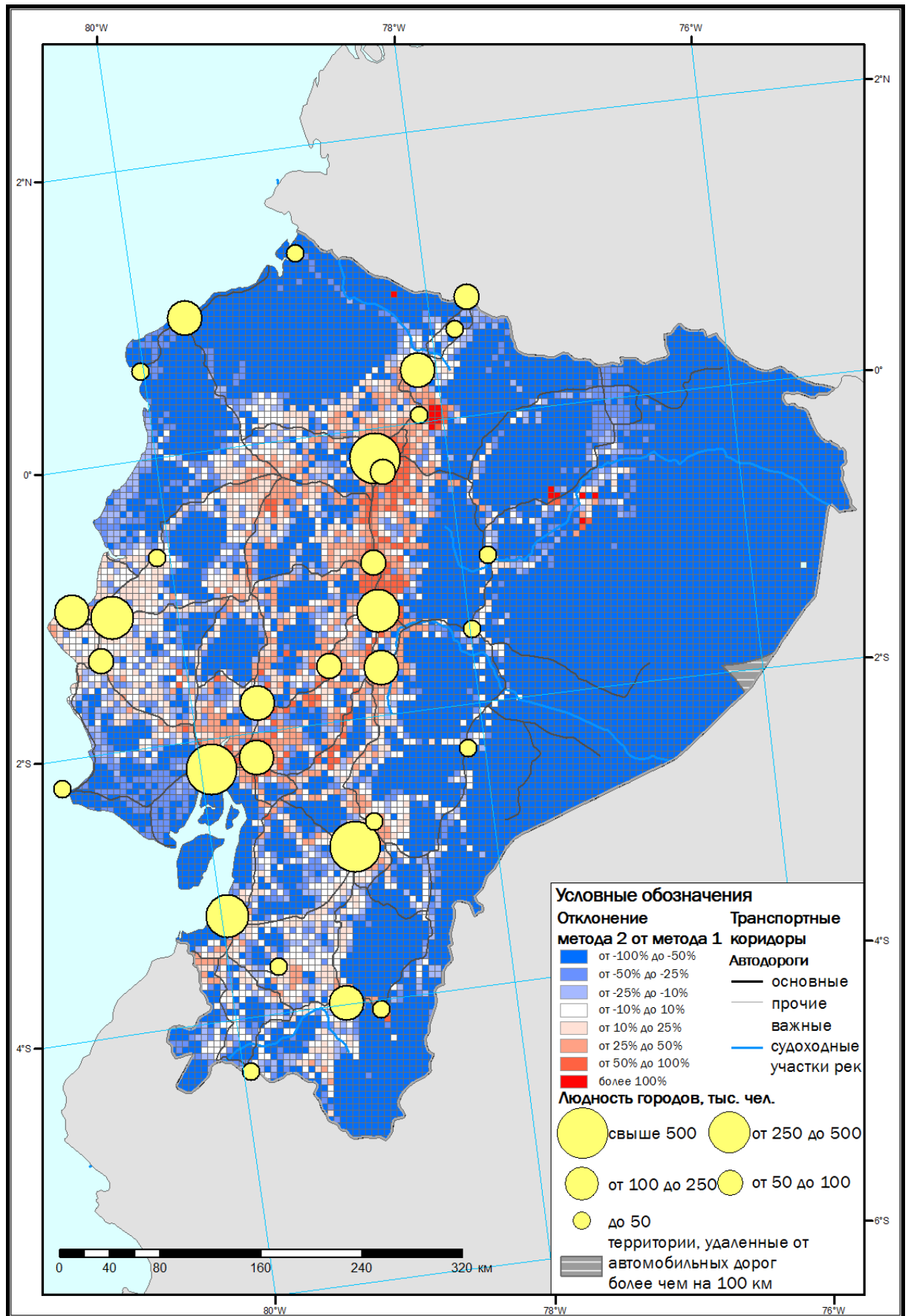


Рис. 63. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Эквадора топологическим методом и методом потенциалов 5. Составлено автором

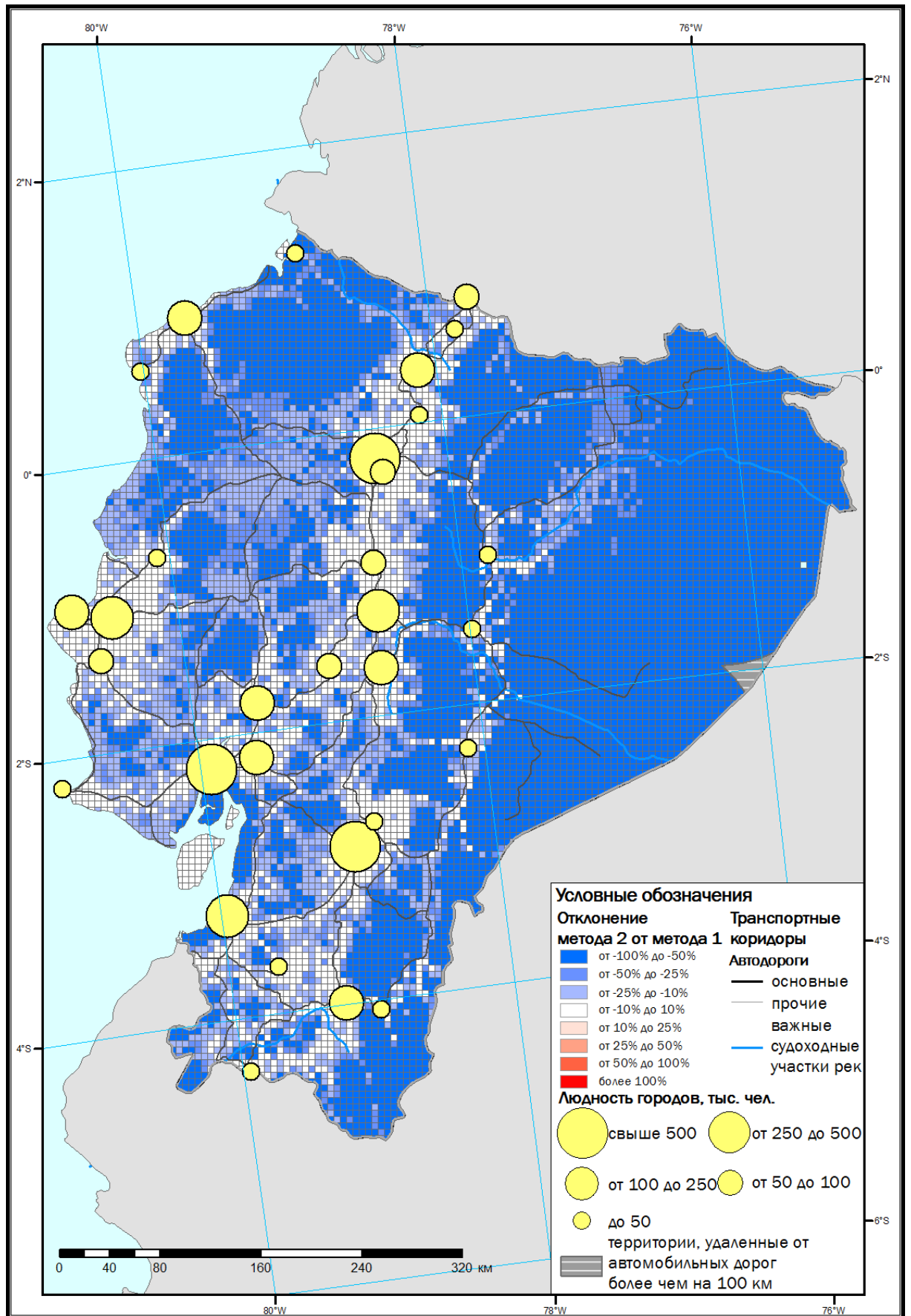


Рис. 64. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Эквадора методом оценки пространственного разграничения и методом изолиний. Составлено автором

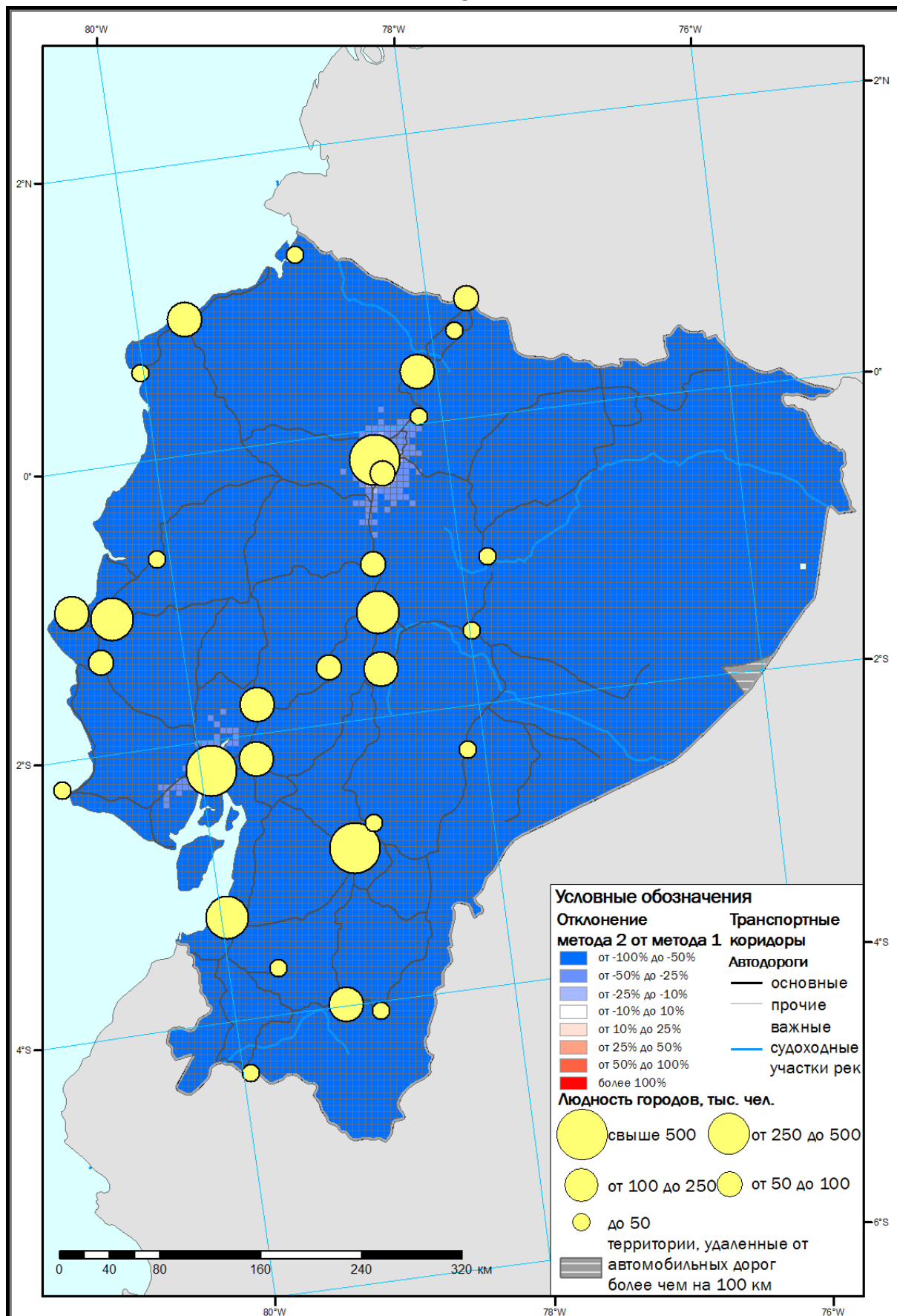


Рис. 65. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Эквадора методом оценки пространственного разграничения и методом потенциалов 1. Составлено автором

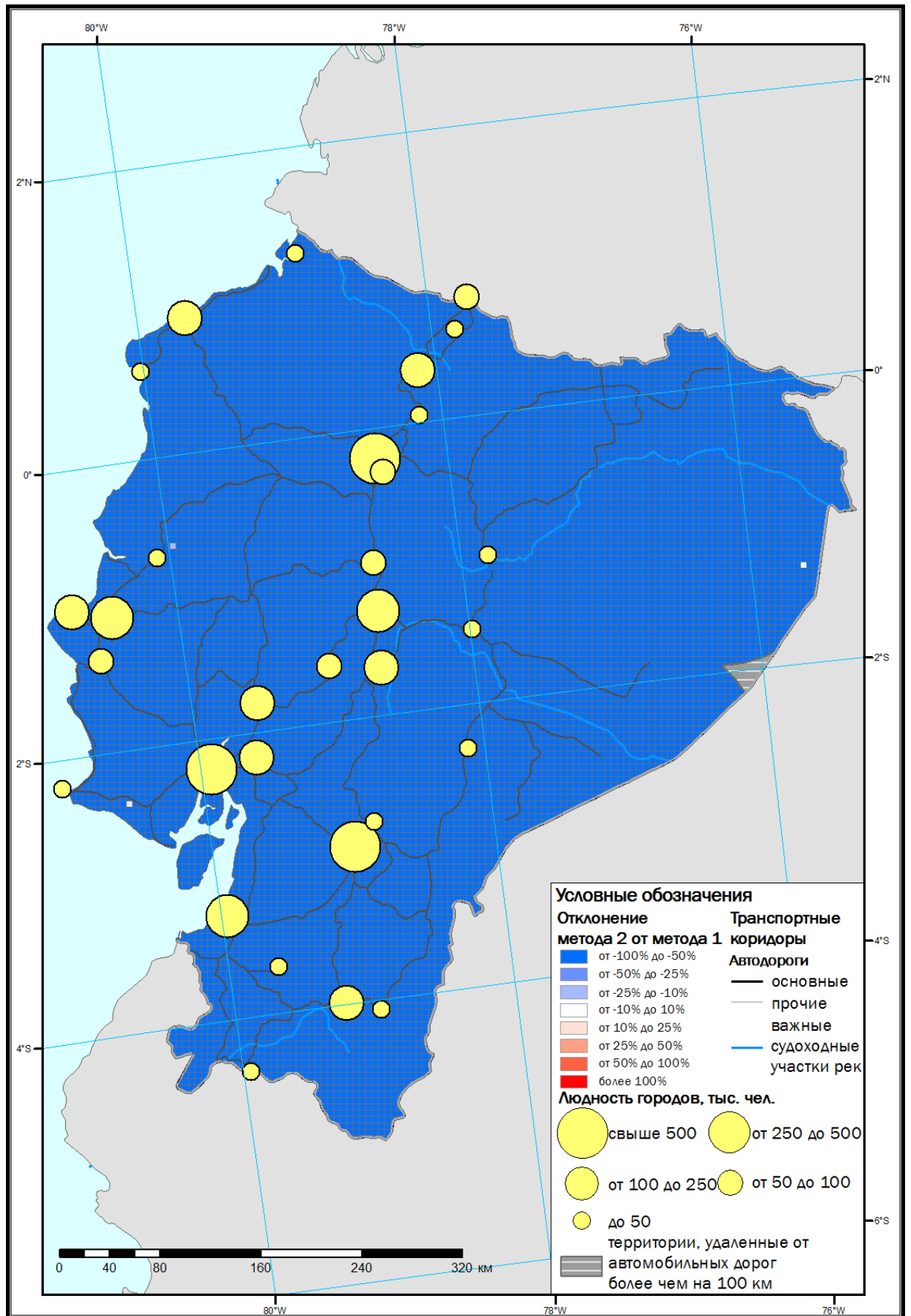


Рис. 66. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Эквадора методом оценки пространственного разграничения и методом потенциалов 2. Составлено автором

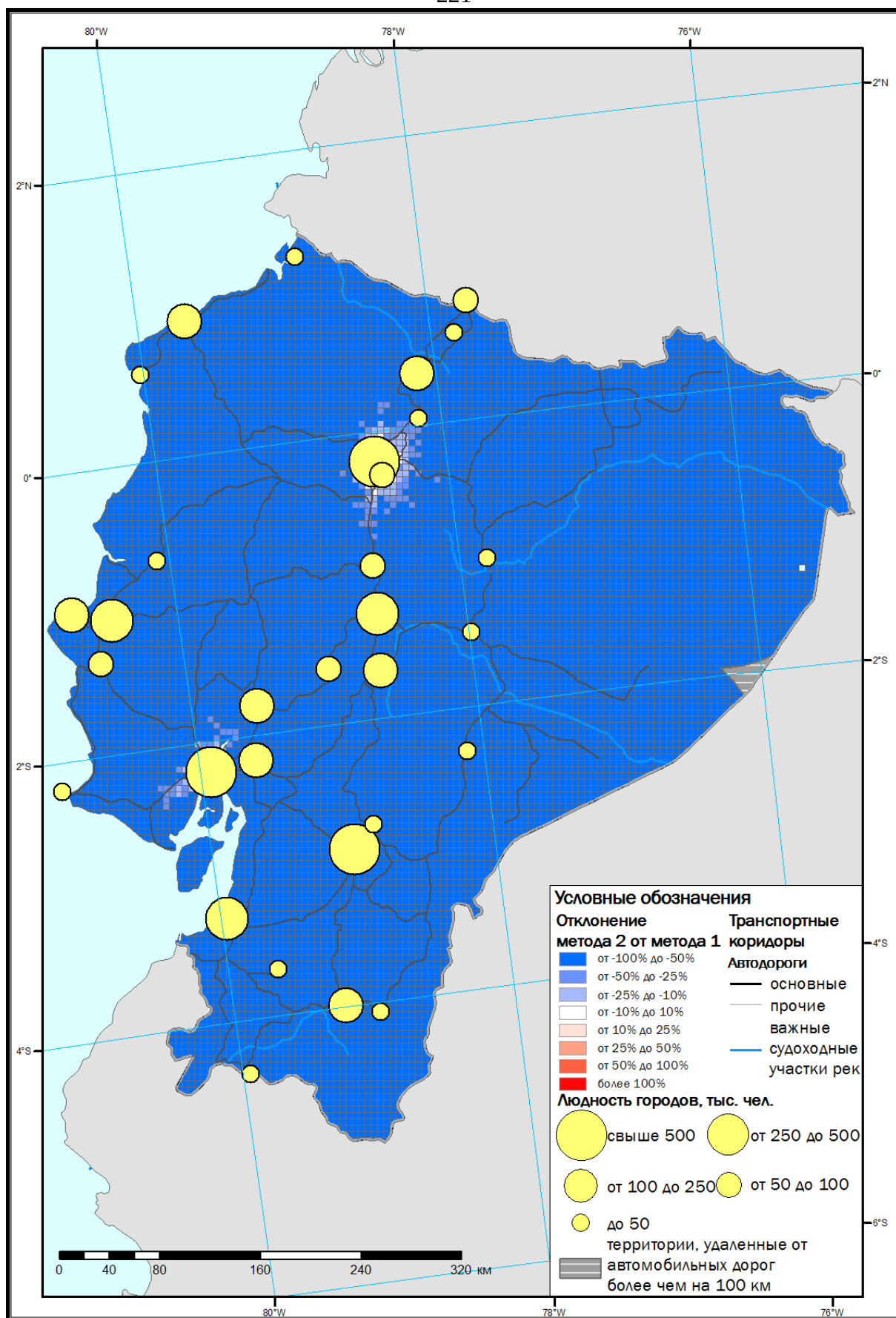


Рис. 67. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Эквадора методом оценки пространственного разграничения и методом потенциалов 3. Составлено автором

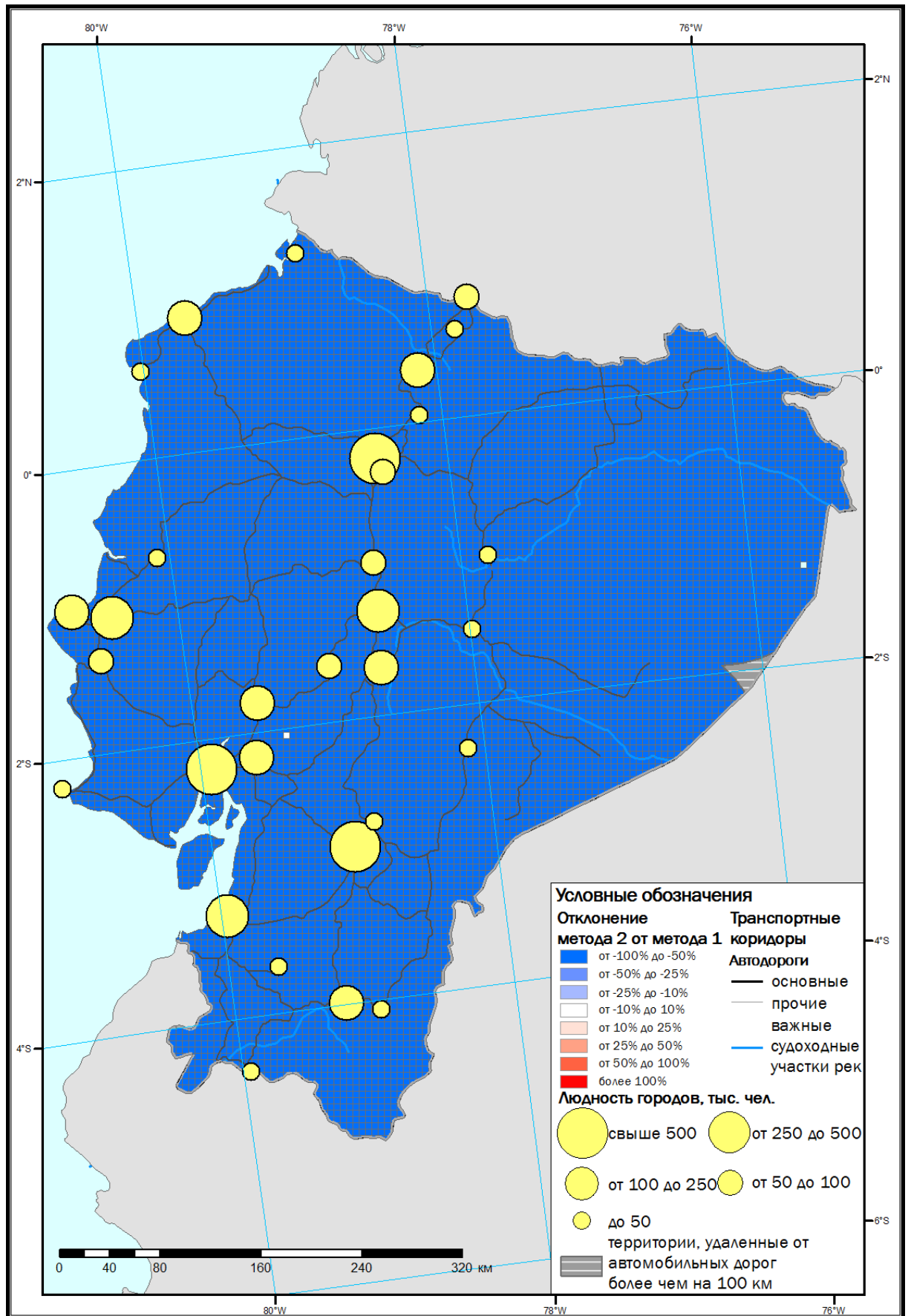


Рис. 68. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Эквадора методом оценки пространственного разграничения и методом потенциалов 4. Составлено автором

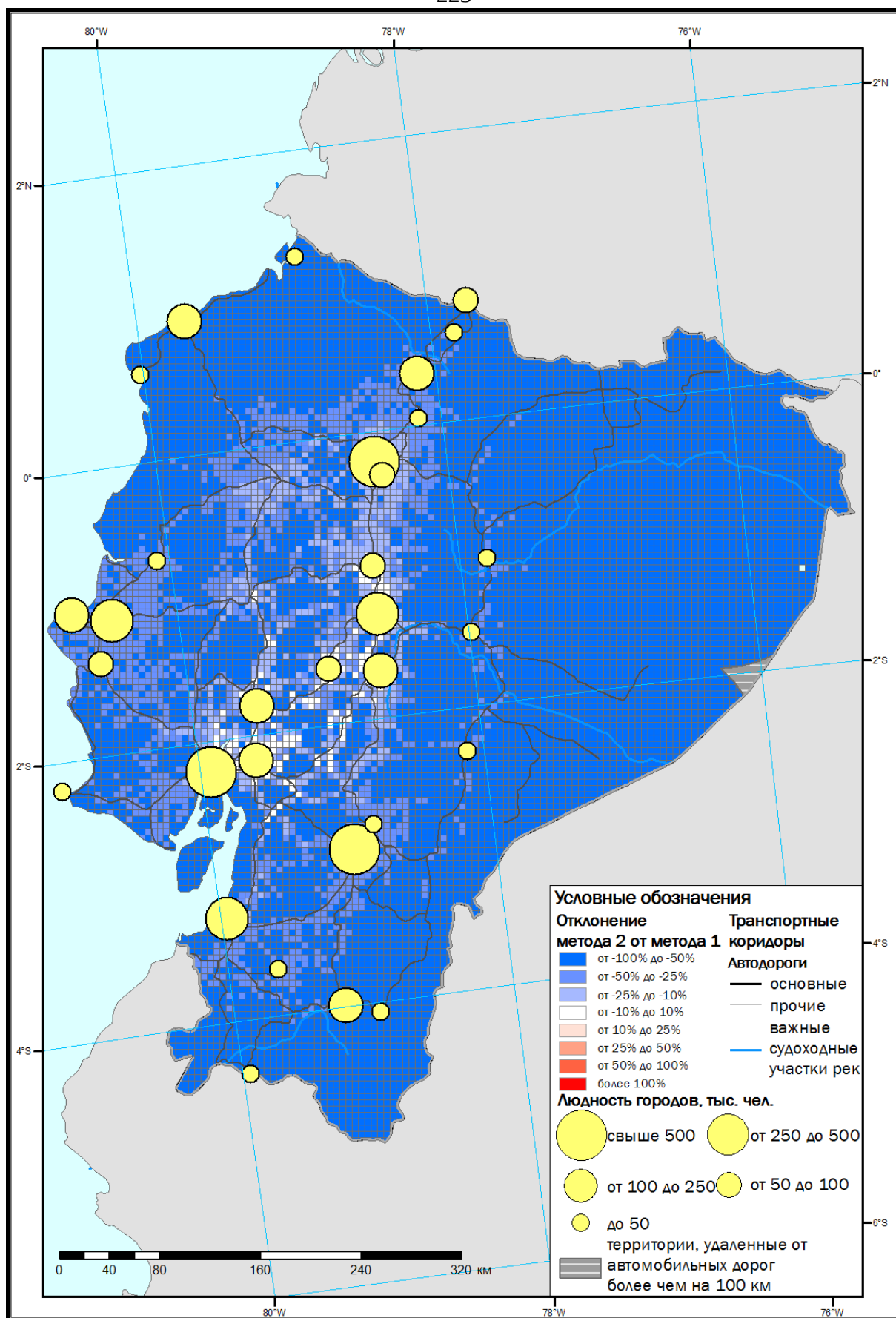


Рис. 69. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Эквадора методом оценки пространственного разграничения и методом потенциалов 5. Составлено автором

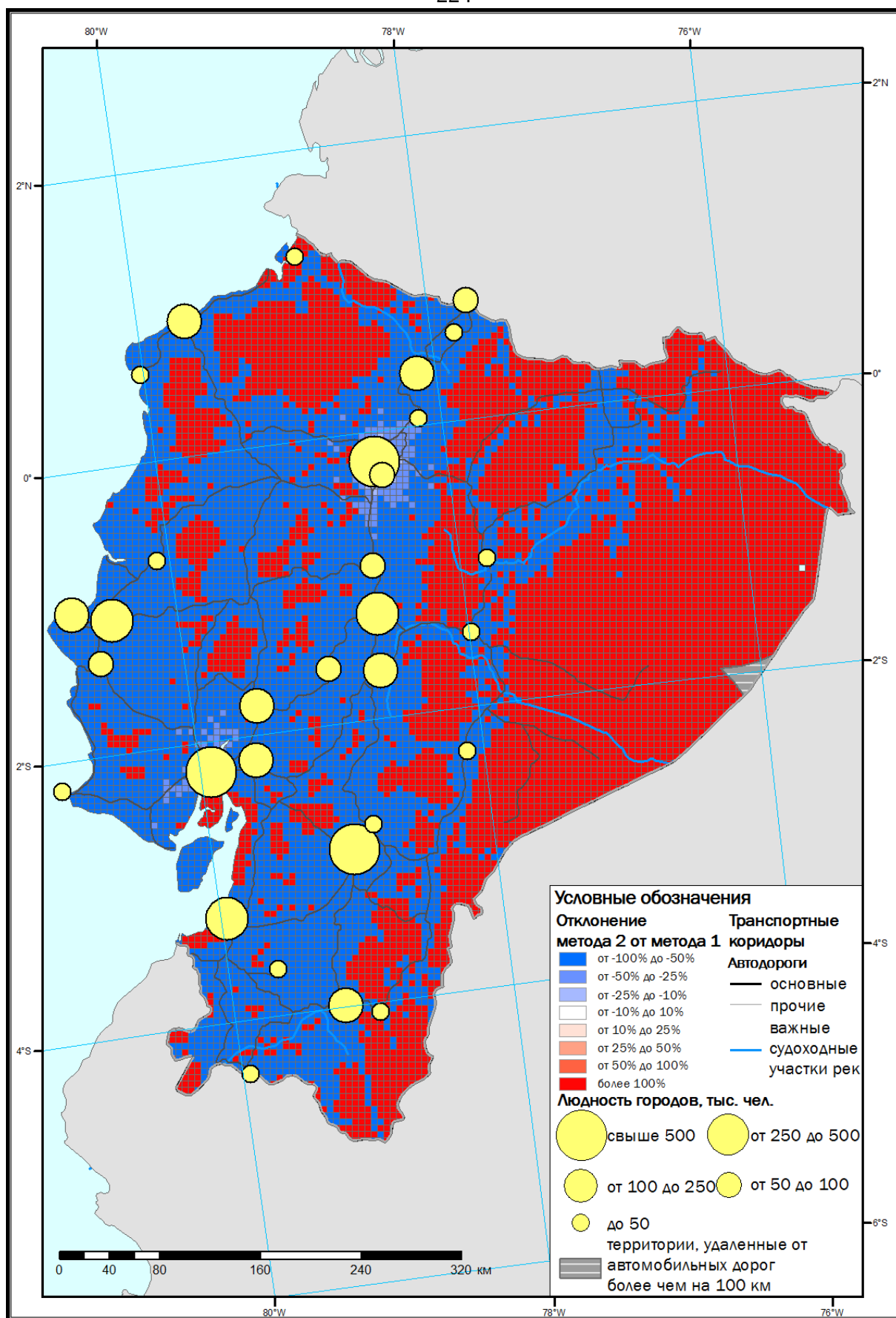


Рис. 70. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Эквадора методом изолиний и методом потенциалов 1. Составлено автором

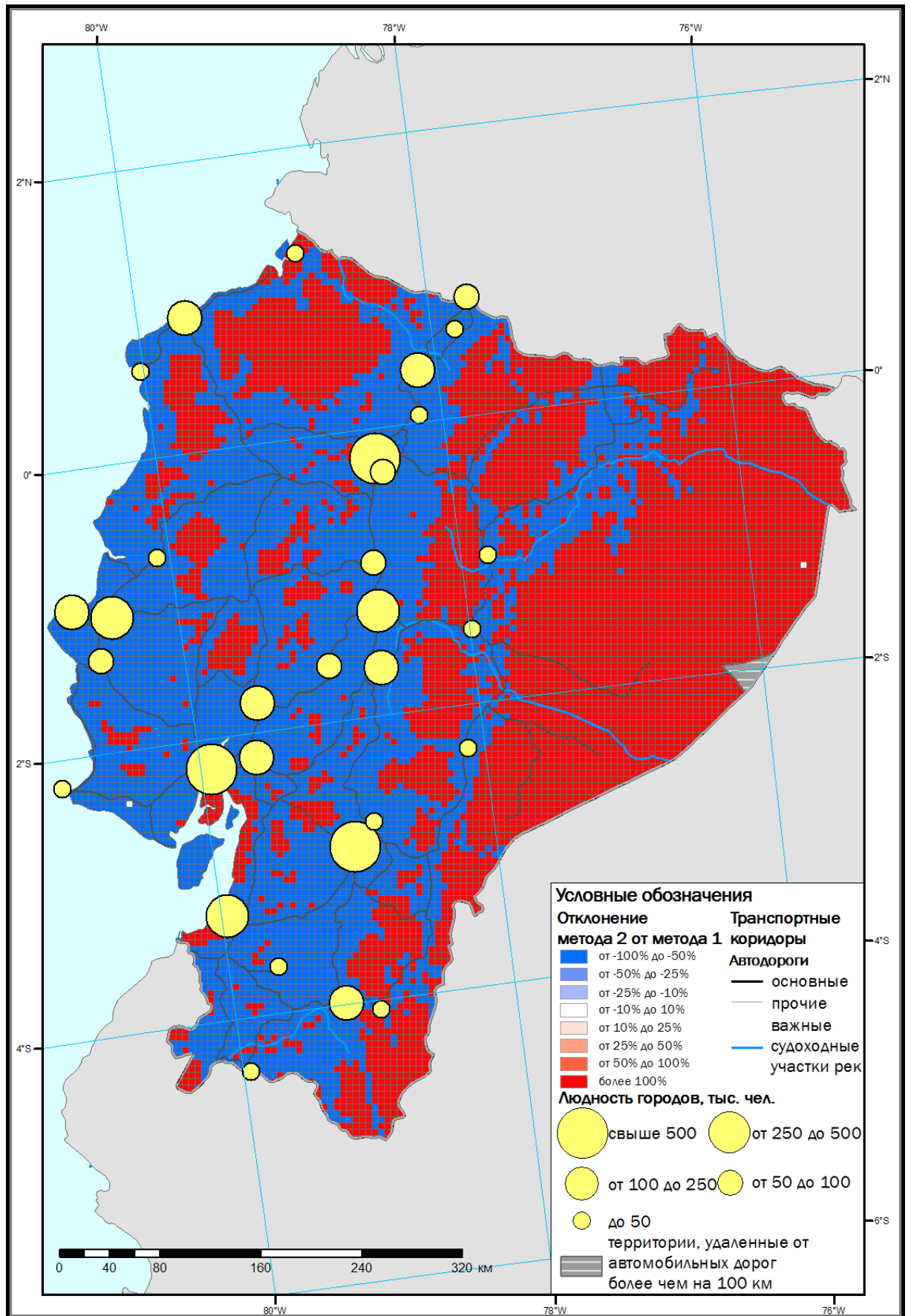


Рис. 71. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Эквадора методом изолиний и методом потенциалов 2. Составлено автором

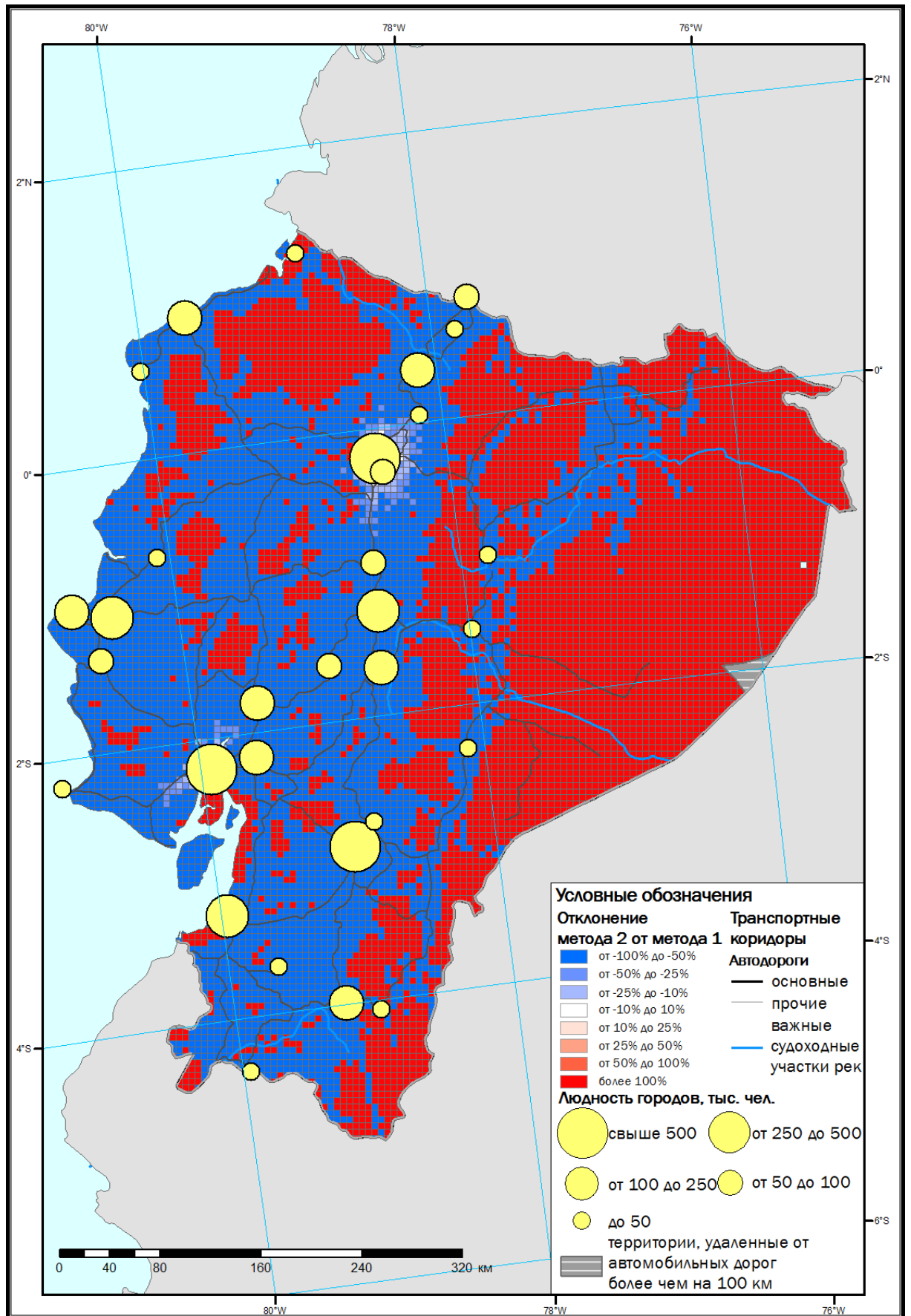


Рис. 72. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Эквадора методом изолиний и методом потенциалов 3. Составлено автором

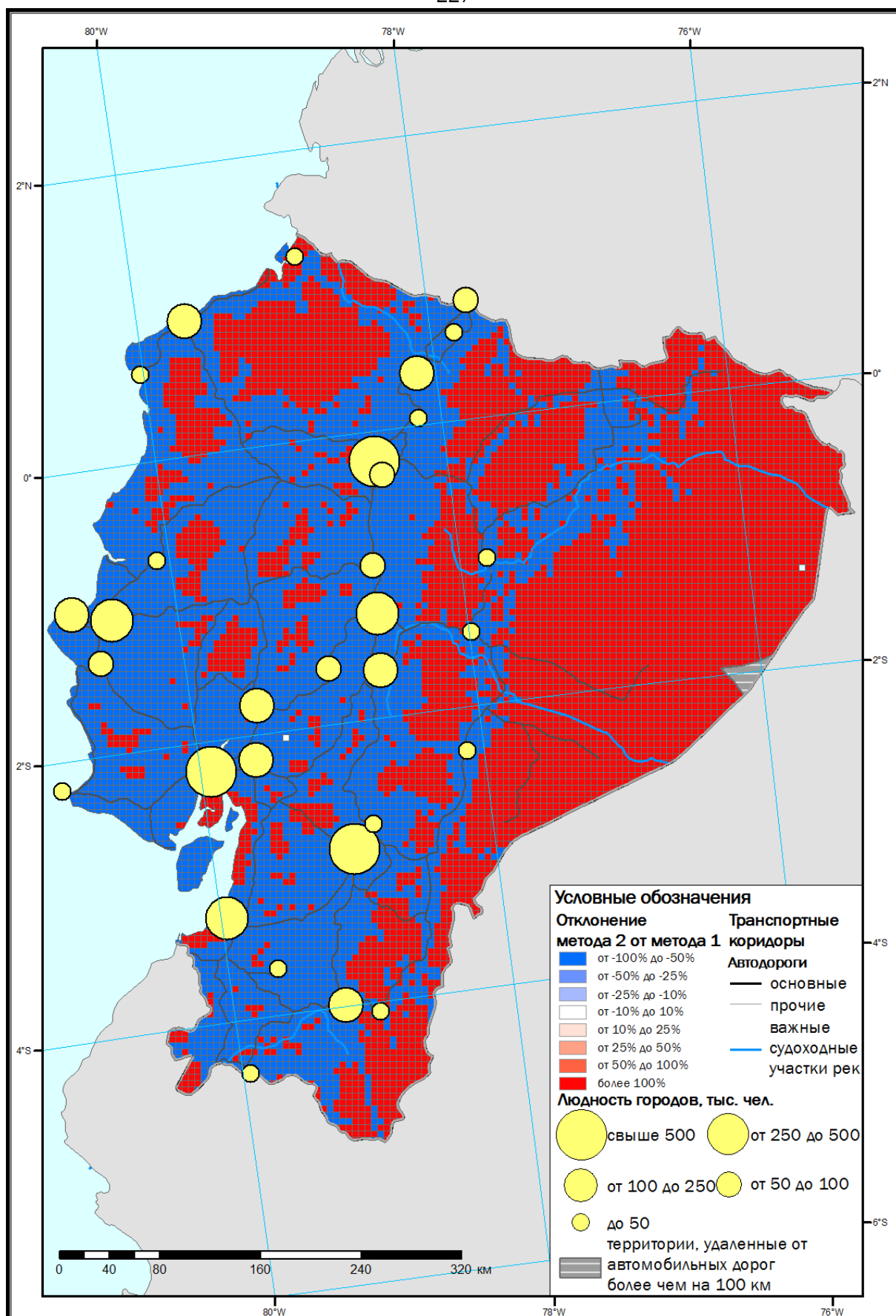


Рис. 73. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Эквадора методом изолиний и методом потенциалов 4. Составлено автором

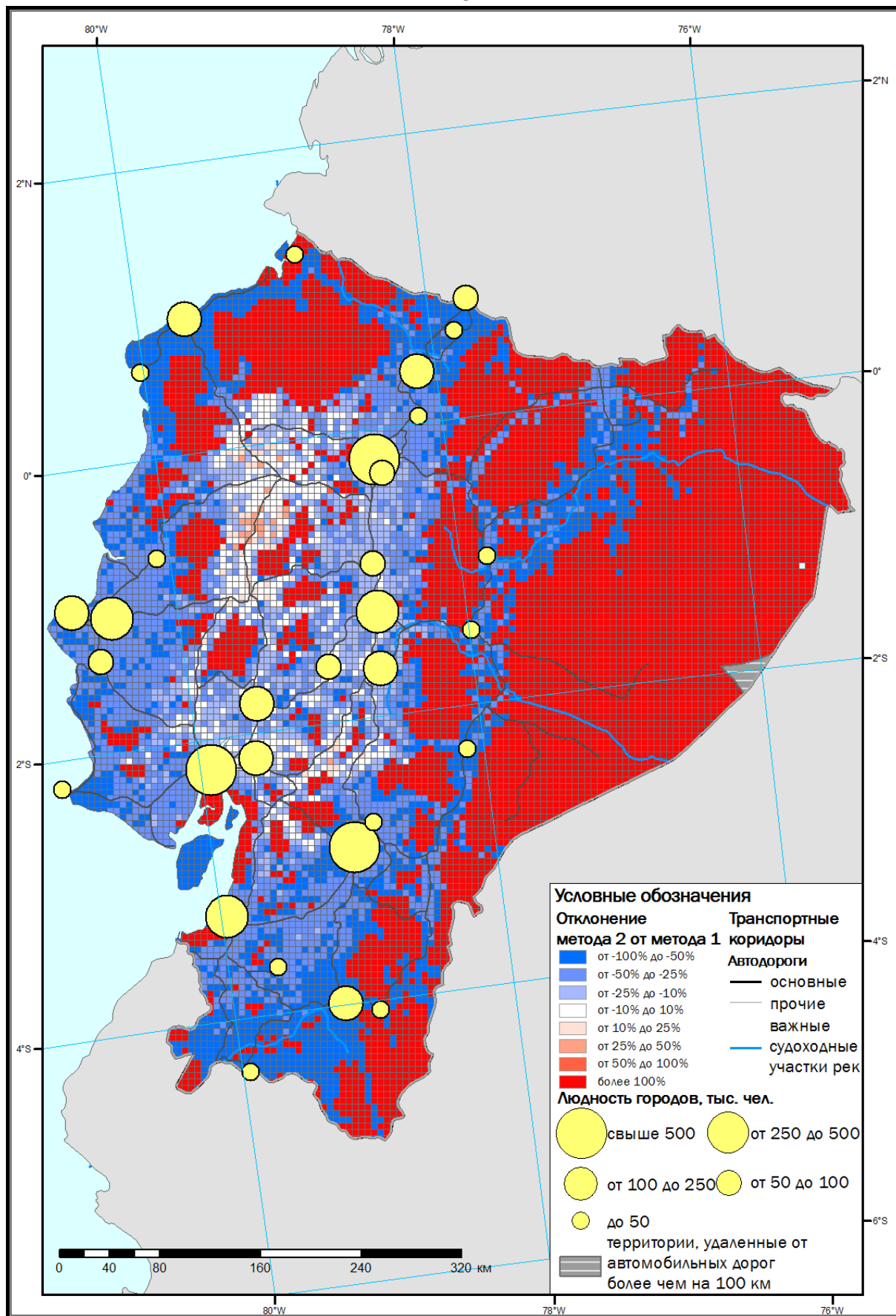


Рис. 74. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Эквадора методом изолиний и методом потенциалов 5. Составлено автором

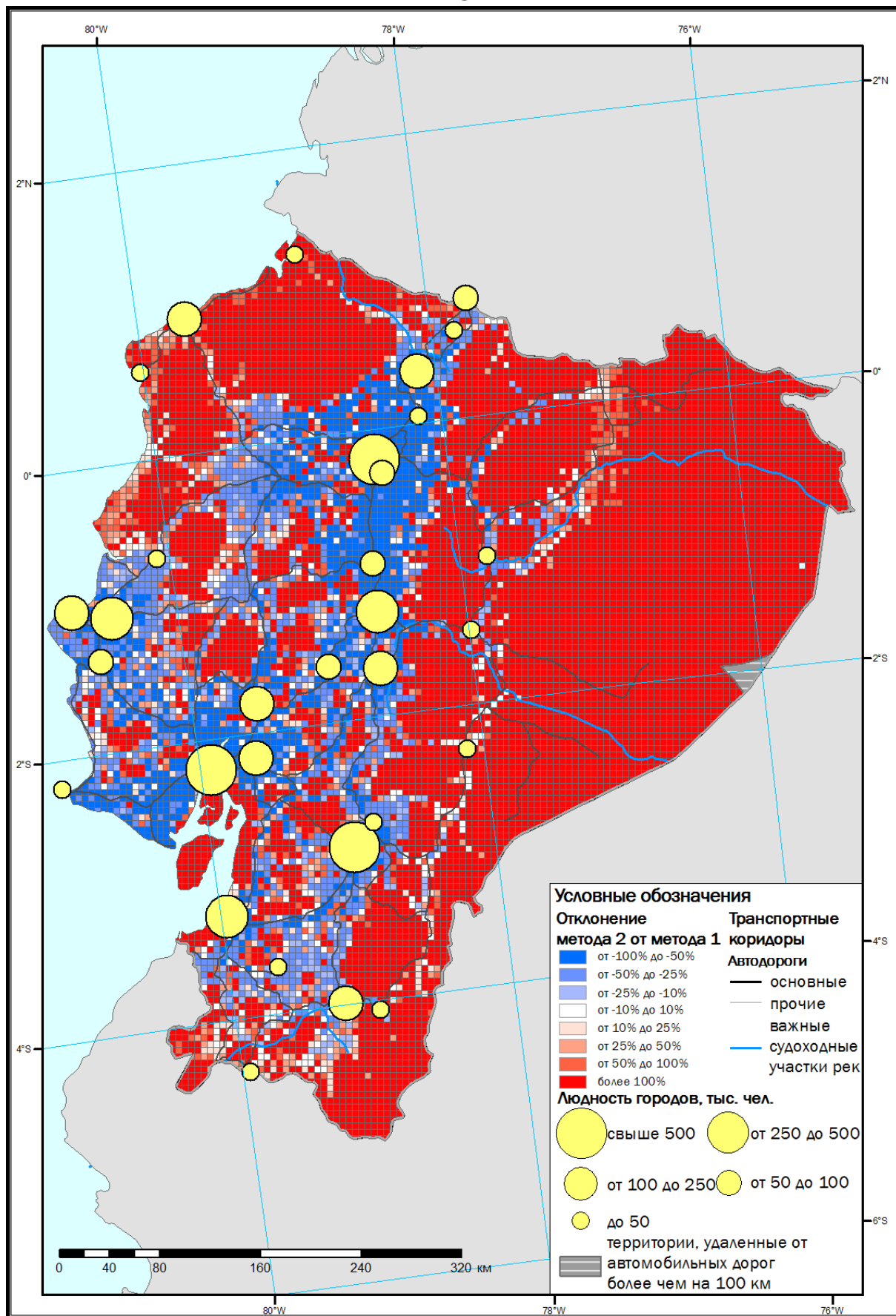


Рис. 75. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Эквадора методом потенциалов 1 и методом потенциалов 2. Составлено автором

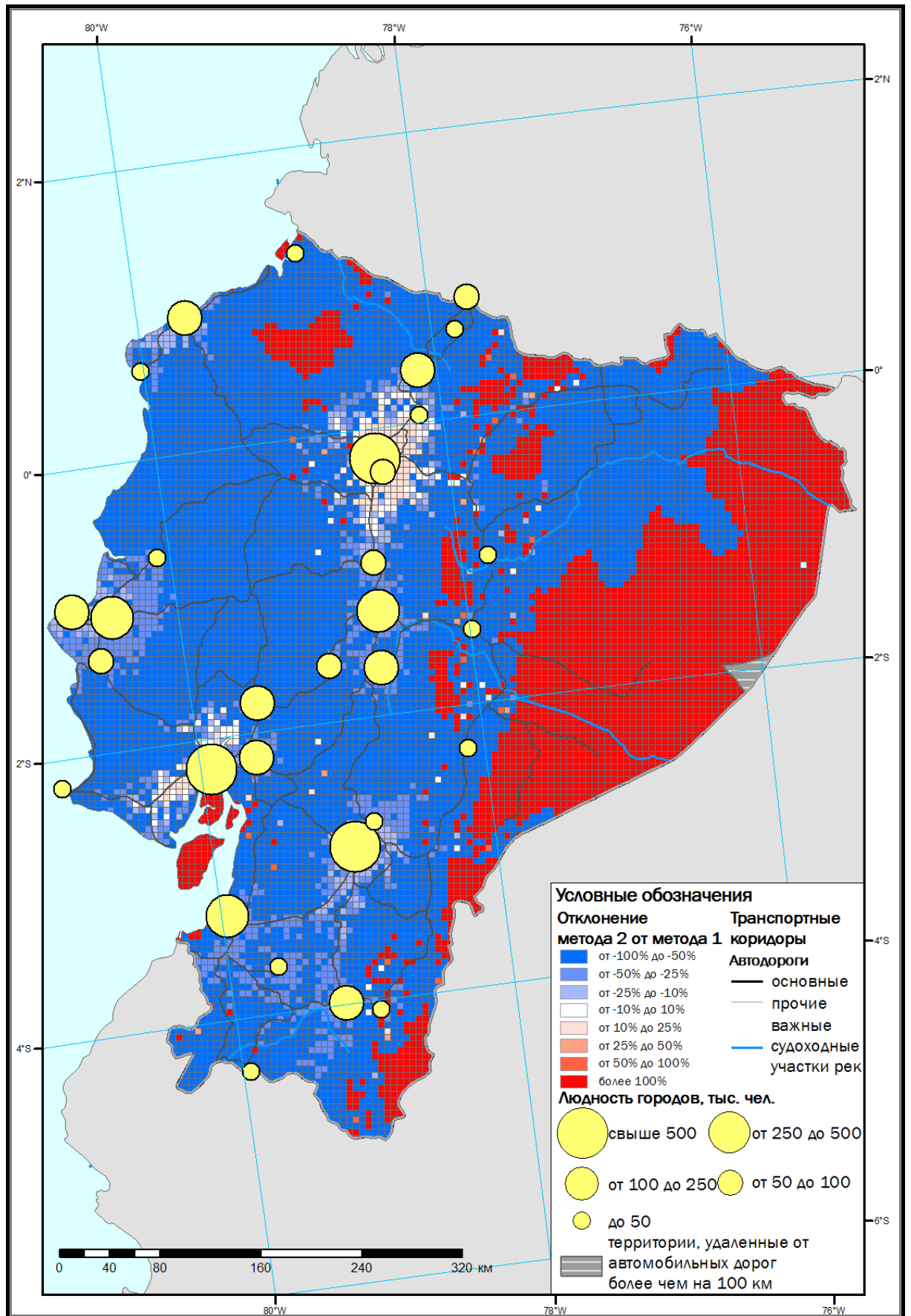


Рис. 76. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Эквадора методом потенциалов 1 и методом потенциалов 3. Составлено автором

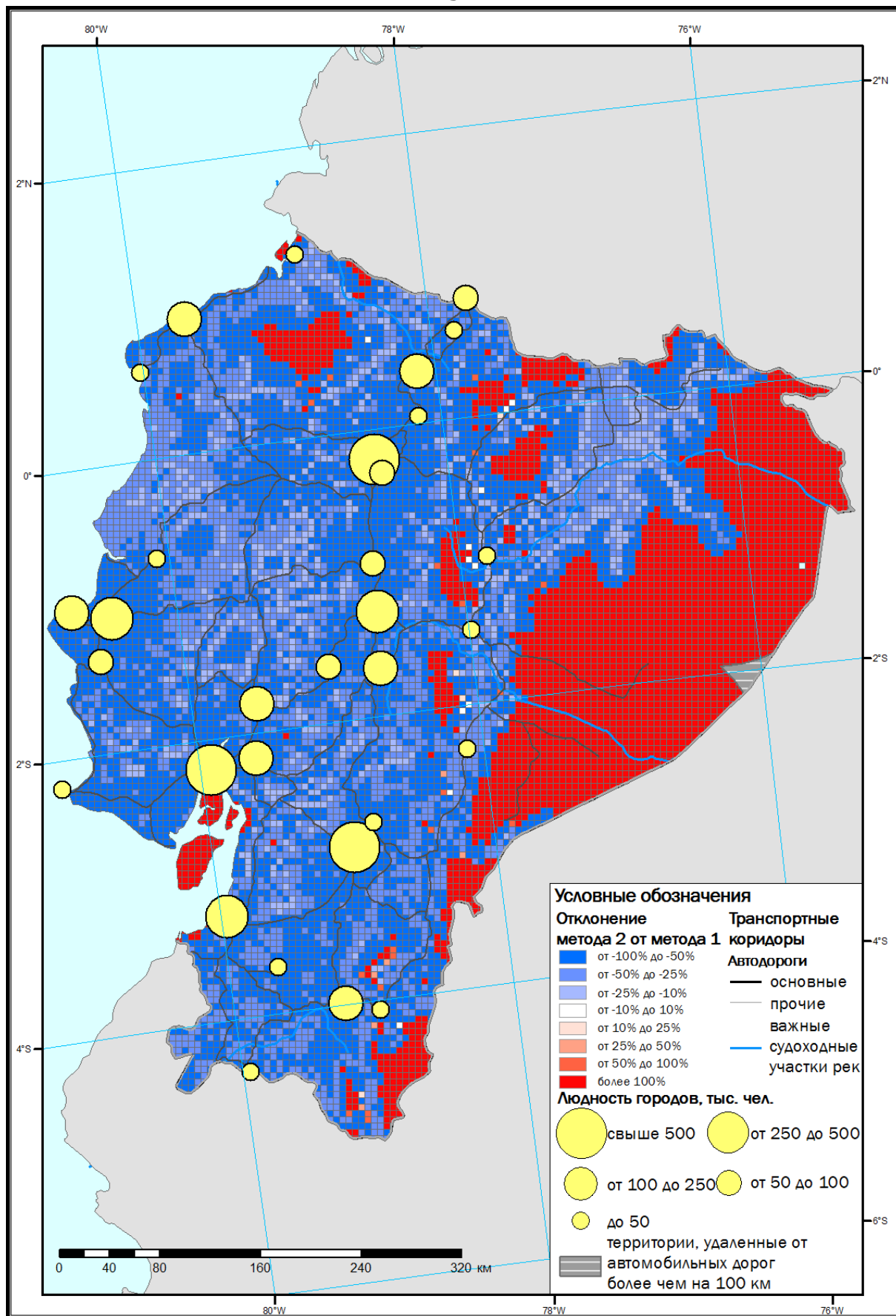


Рис. 77. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Эквадора методом потенциалов 1 и методом потенциалов 4. Составлено автором

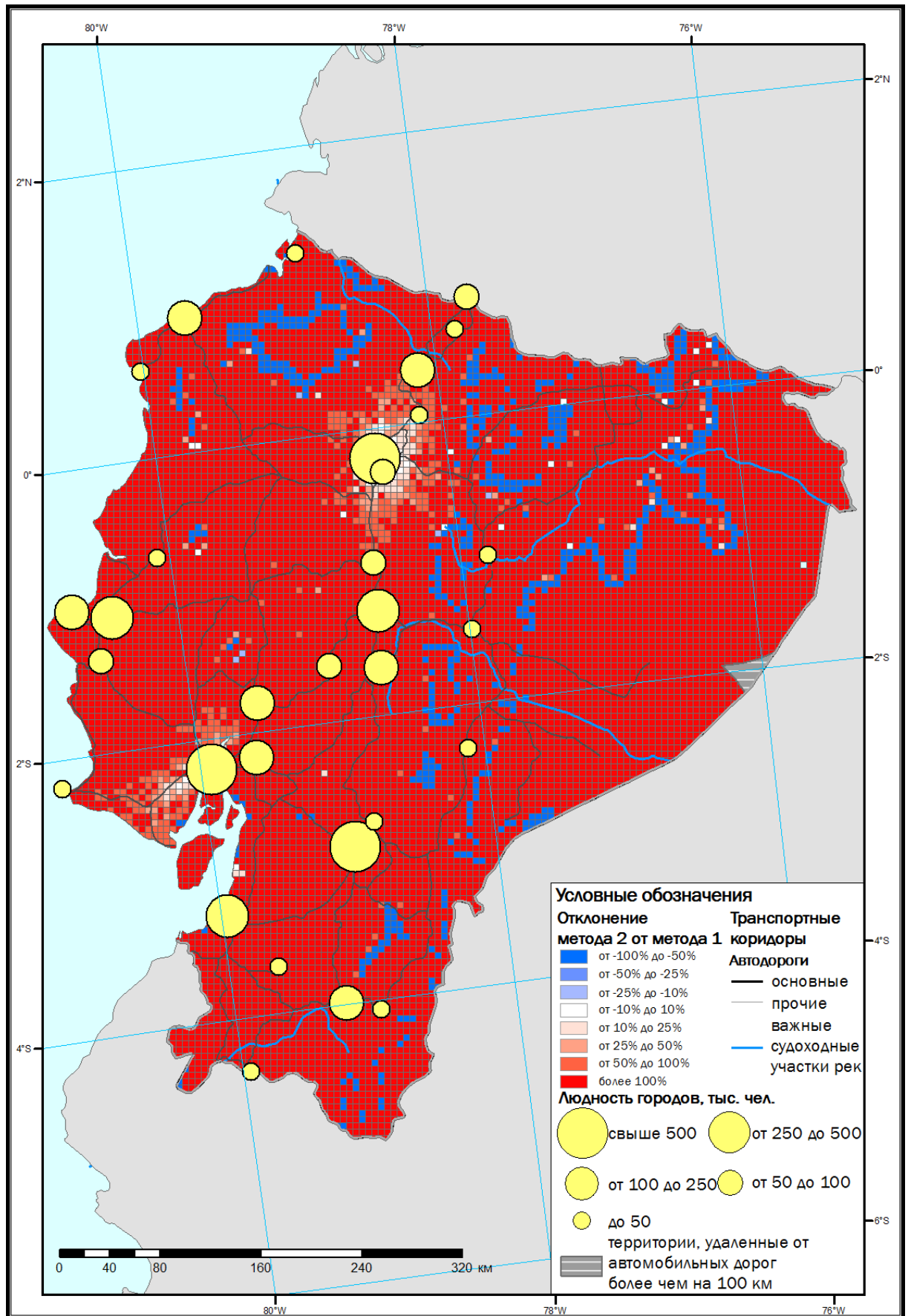


Рис. 78. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Эквадора методом потенциалов 1 и методом потенциалов 5. Составлено автором

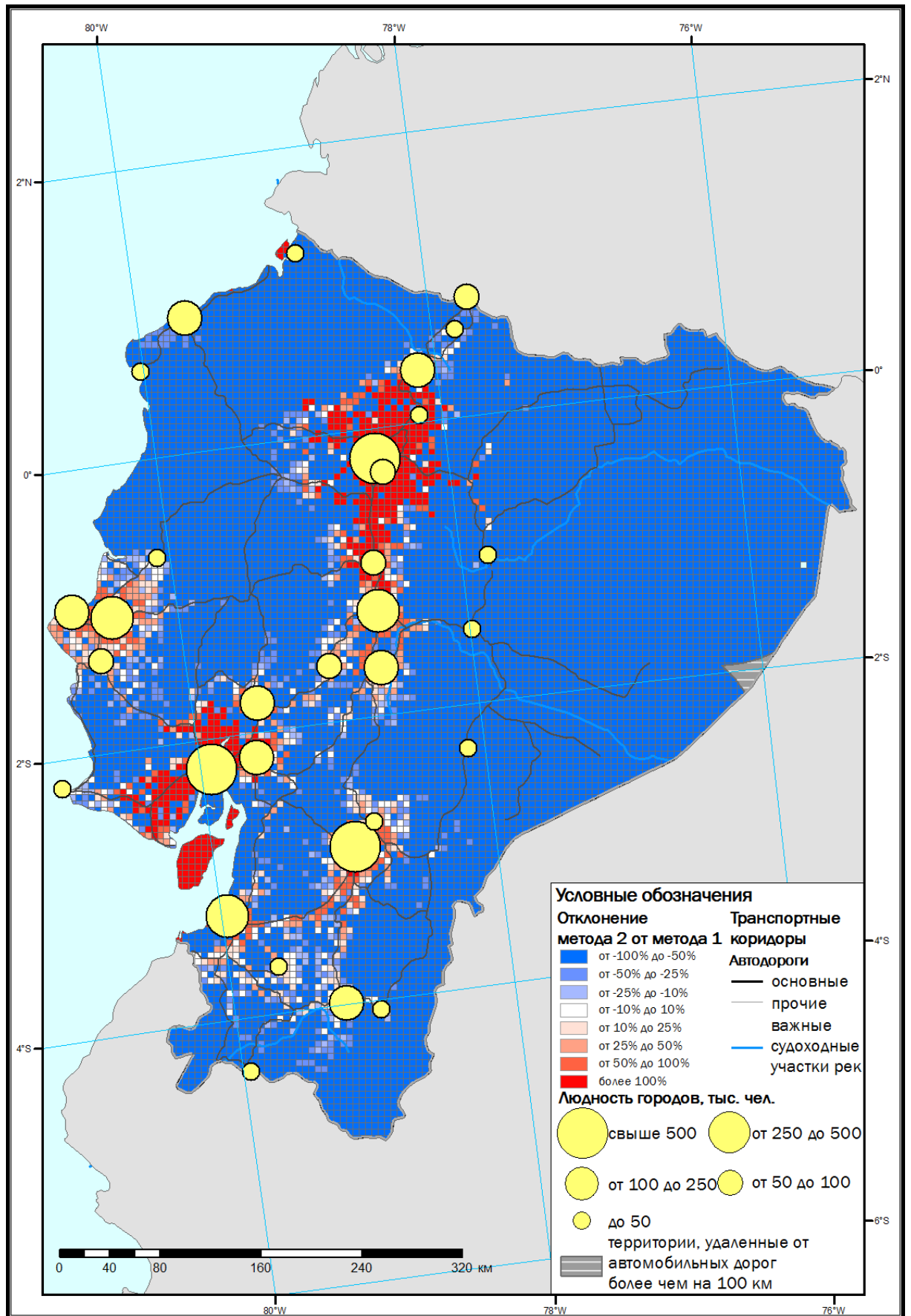


Рис. 79. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Эквадора методом потенциалов 2 и методом потенциалов 3. Составлено автором

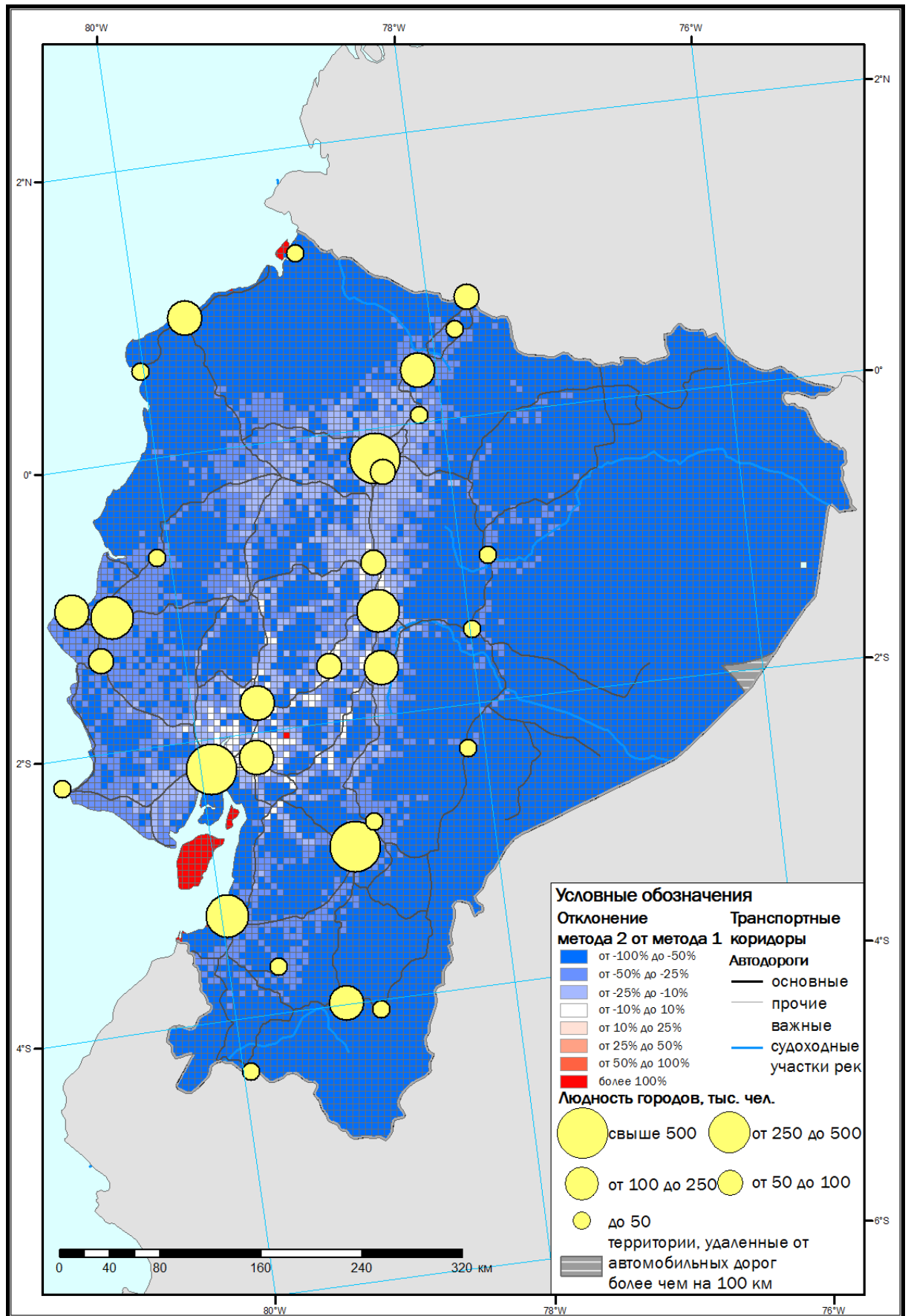


Рис. 80. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Эквадора методом потенциалов 2 и методом потенциалов 4. Составлено автором

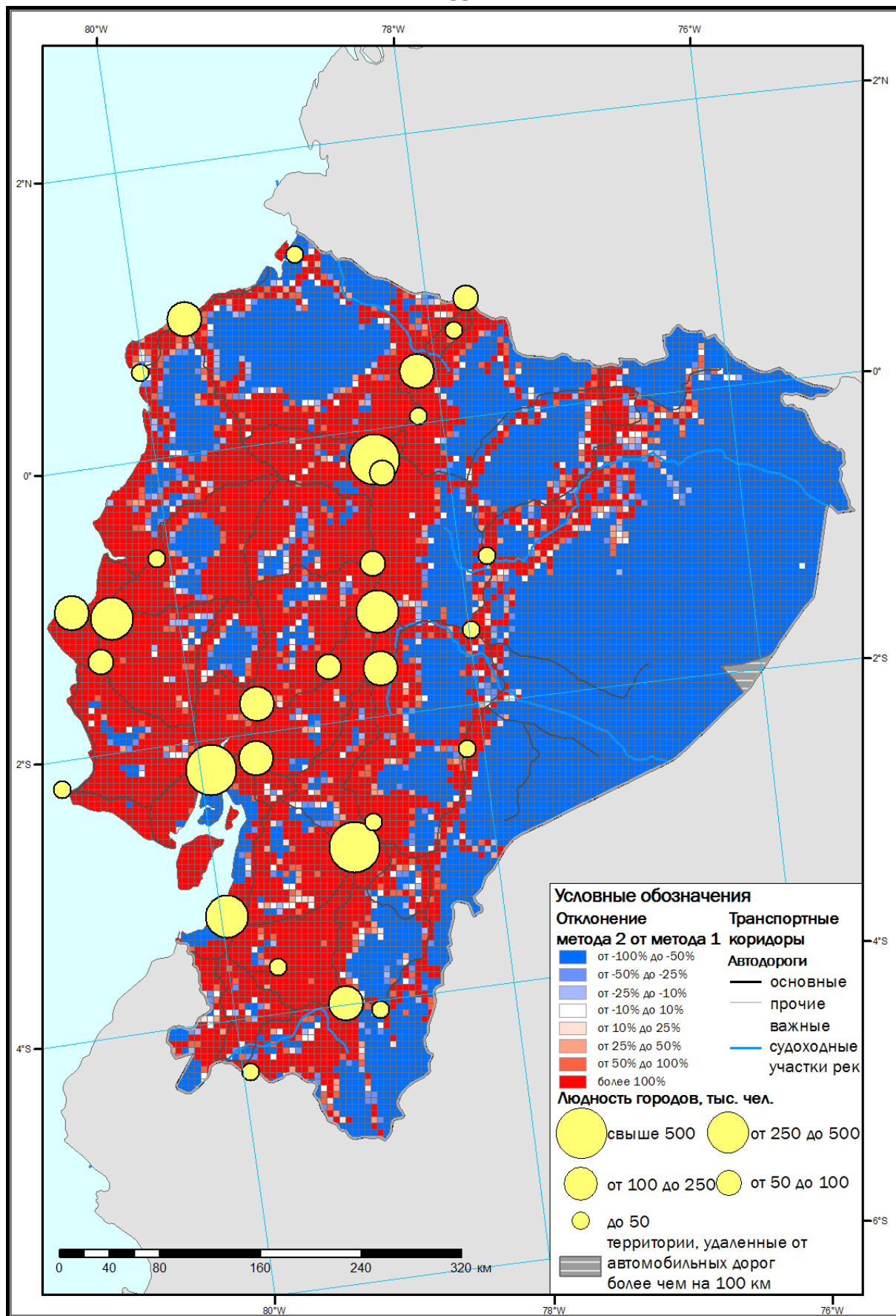


Рис. 81. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Эквадора методом потенциалов 2 и методом потенциалов 5. Составлено автором

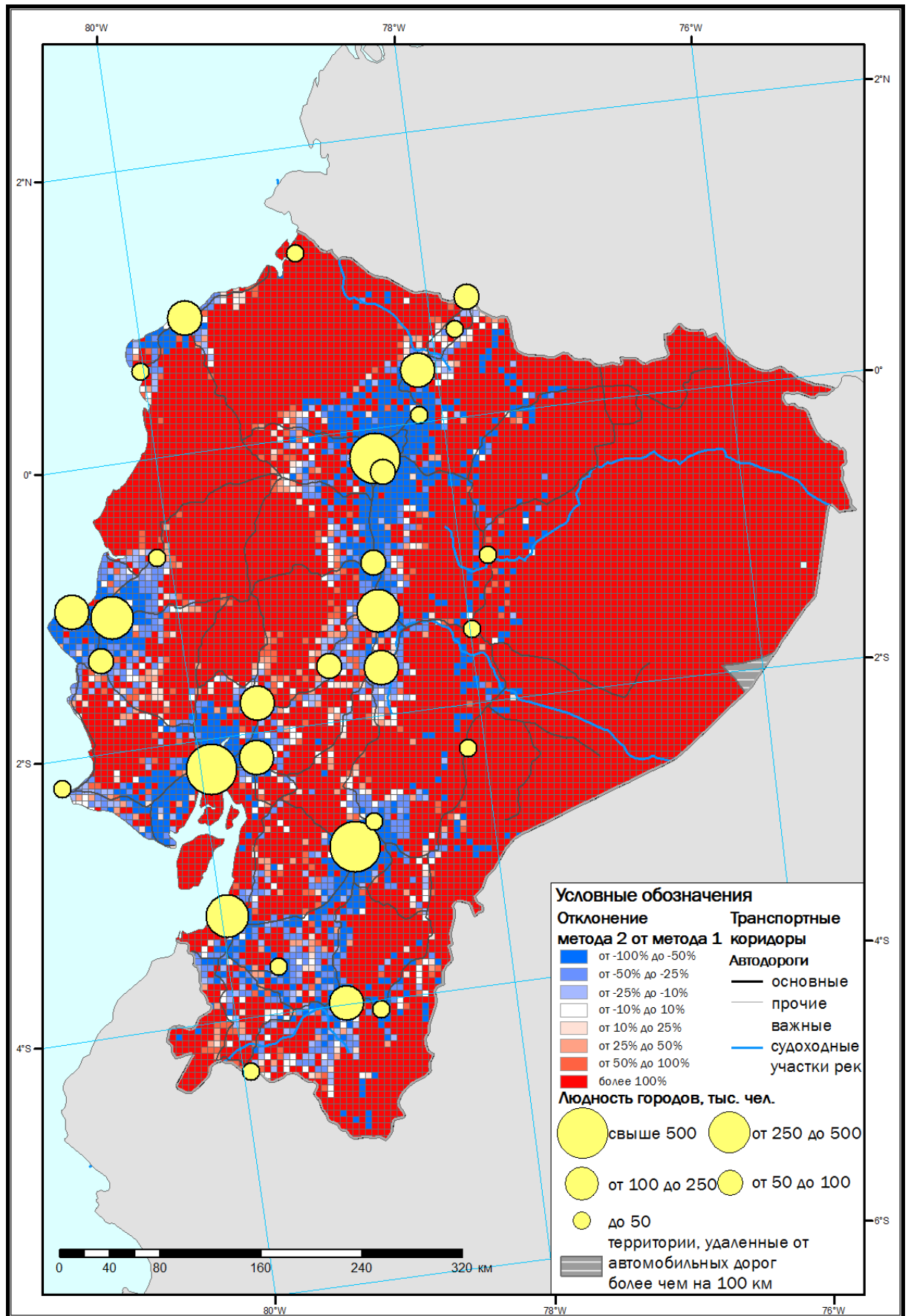


Рис. 82. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Эквадора методом потенциалов 3 и методом потенциалов 4. Составлено автором

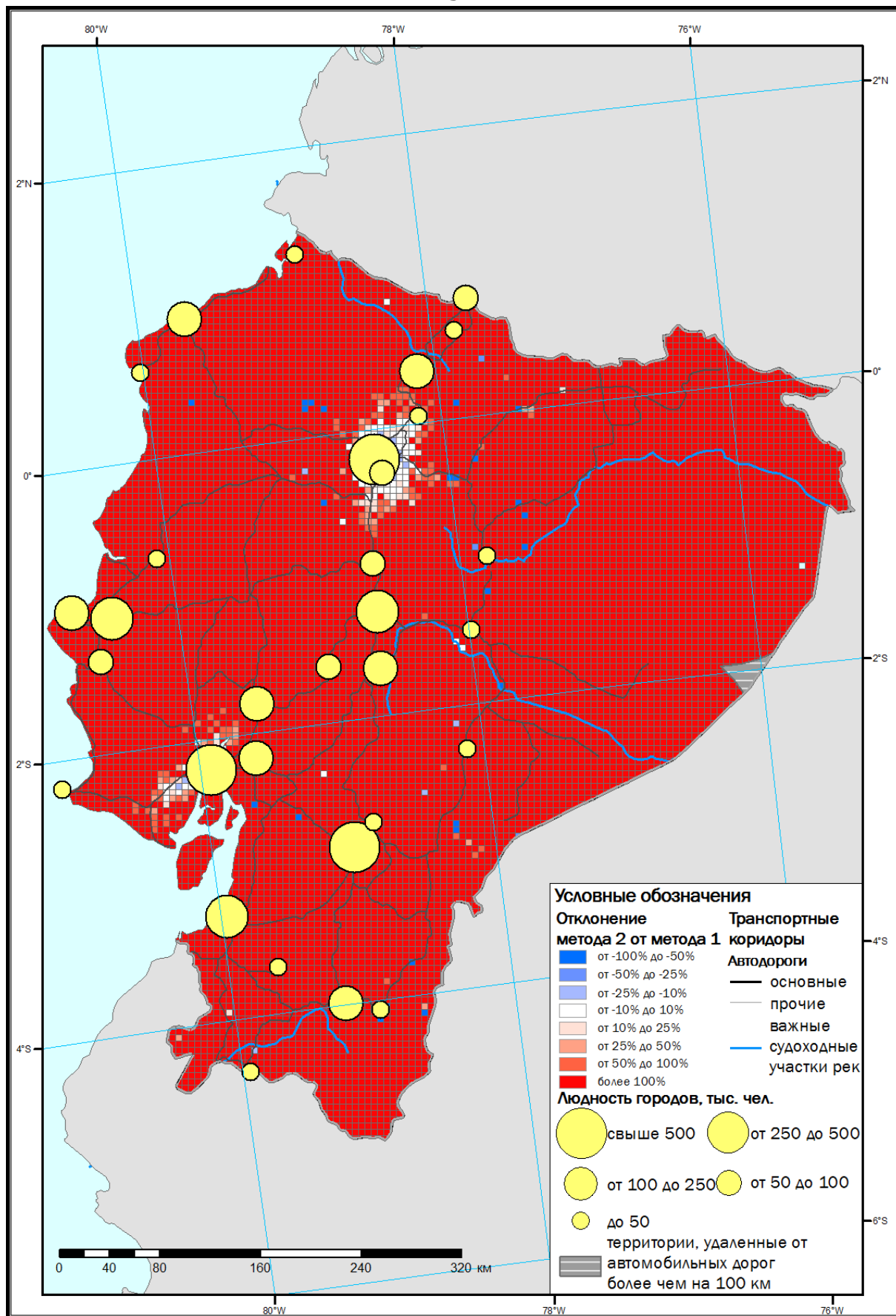


Рис. 83. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Эквадора методом потенциалов 3 и методом потенциалов 5. Составлено автором

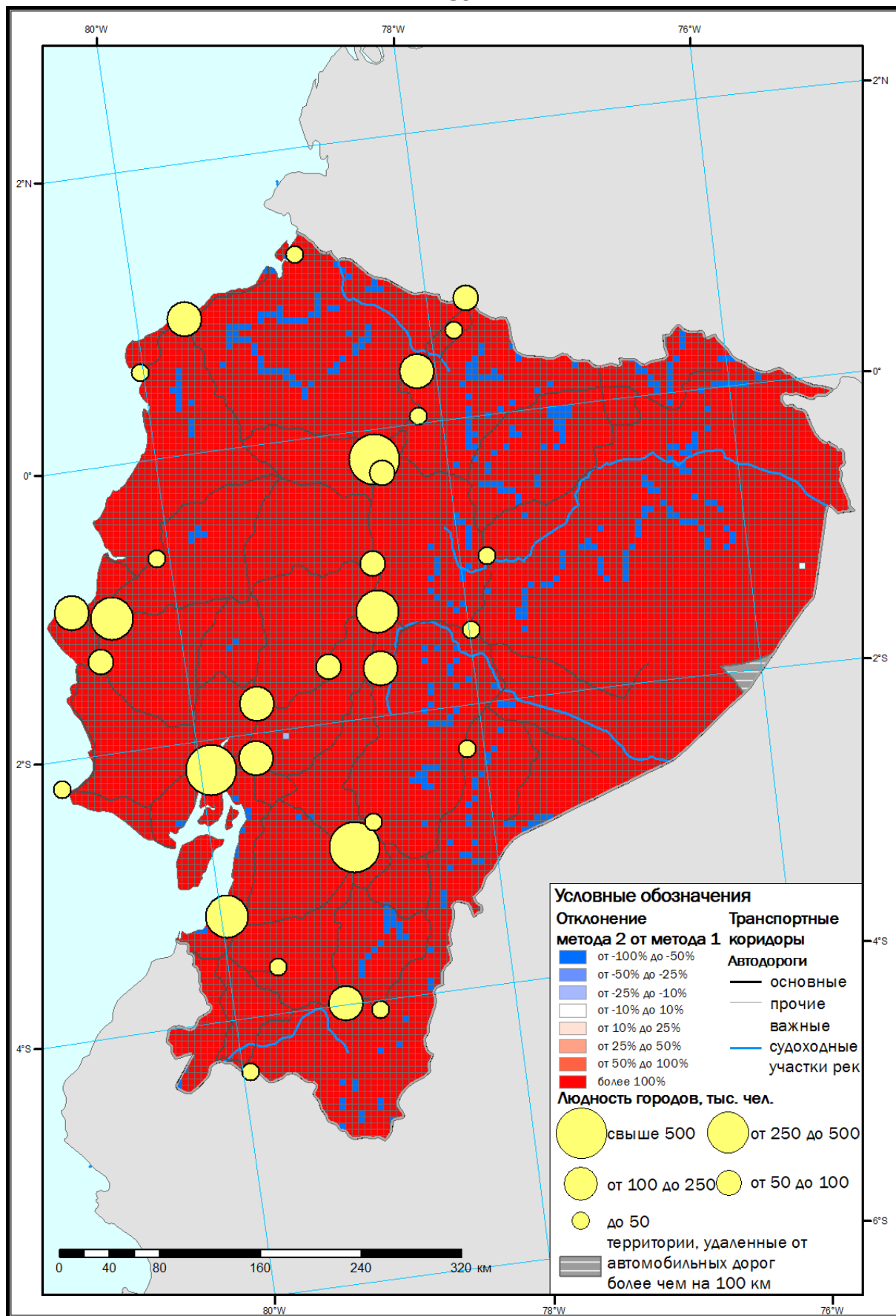


Рис. 84. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Эквадора методом потенциалов 4 и методом потенциалов 5. Составлено автором

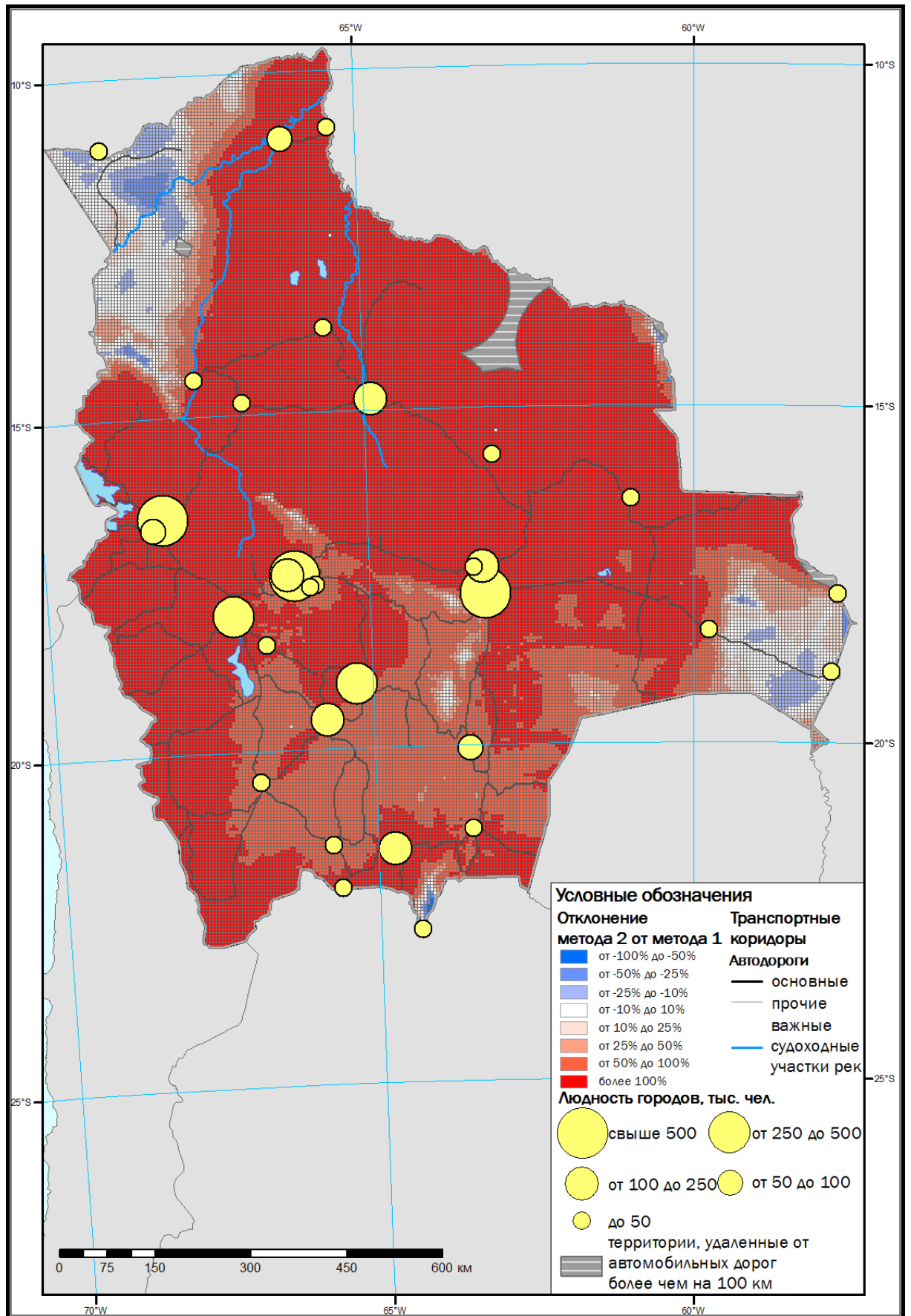


Рис. 85. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Боливии топологическим методом и методом оценки пространственного разграничения. Составлено автором

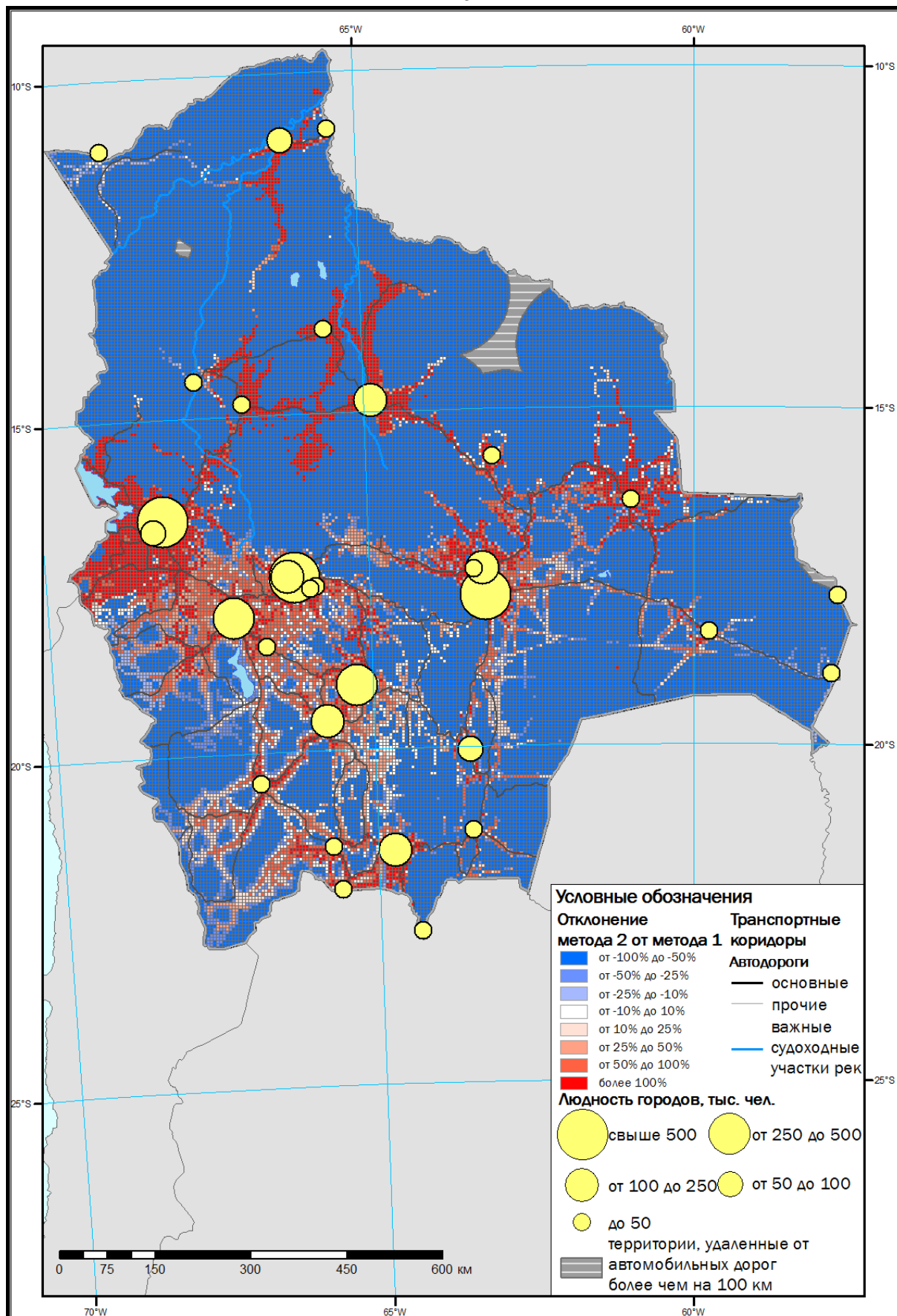


Рис. 86. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Боливии топологическим методом и методом изолиний. Составлено автором

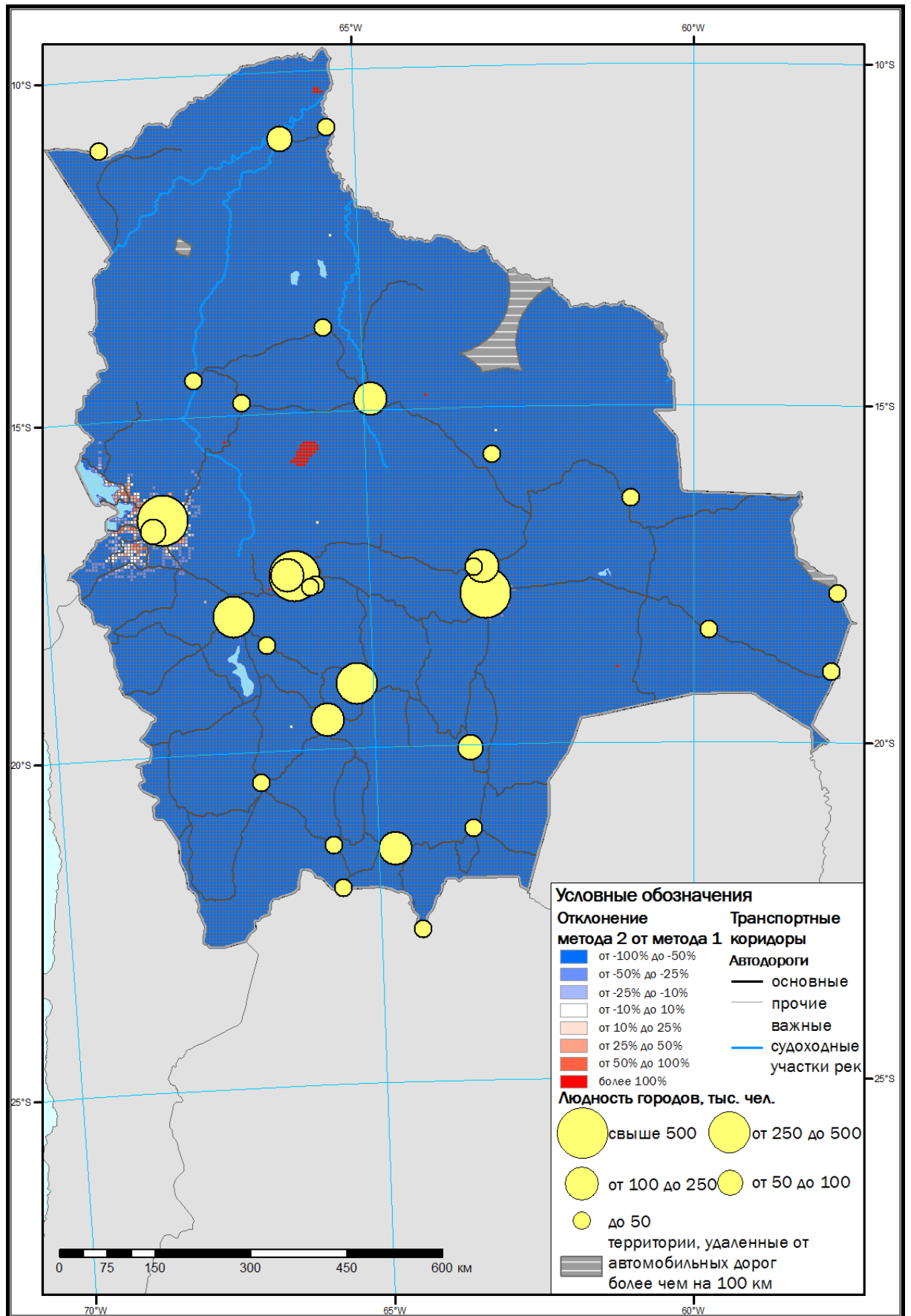


Рис. 87. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Боливии топологическим методом и методом потенциалов 1. Составлено автором

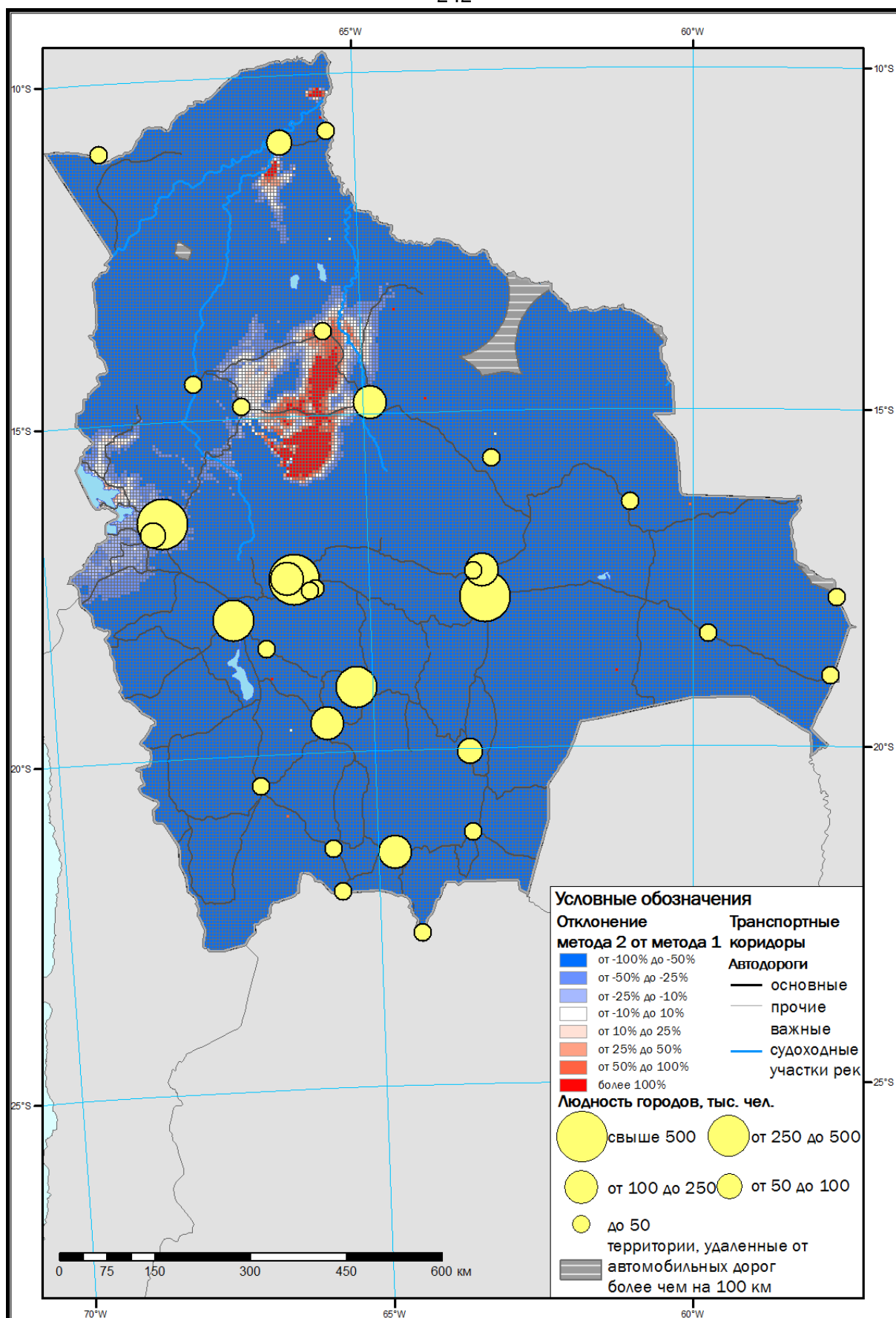


Рис. 88. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Боливии топологическим методом и методом потенциалов 2. Составлено автором

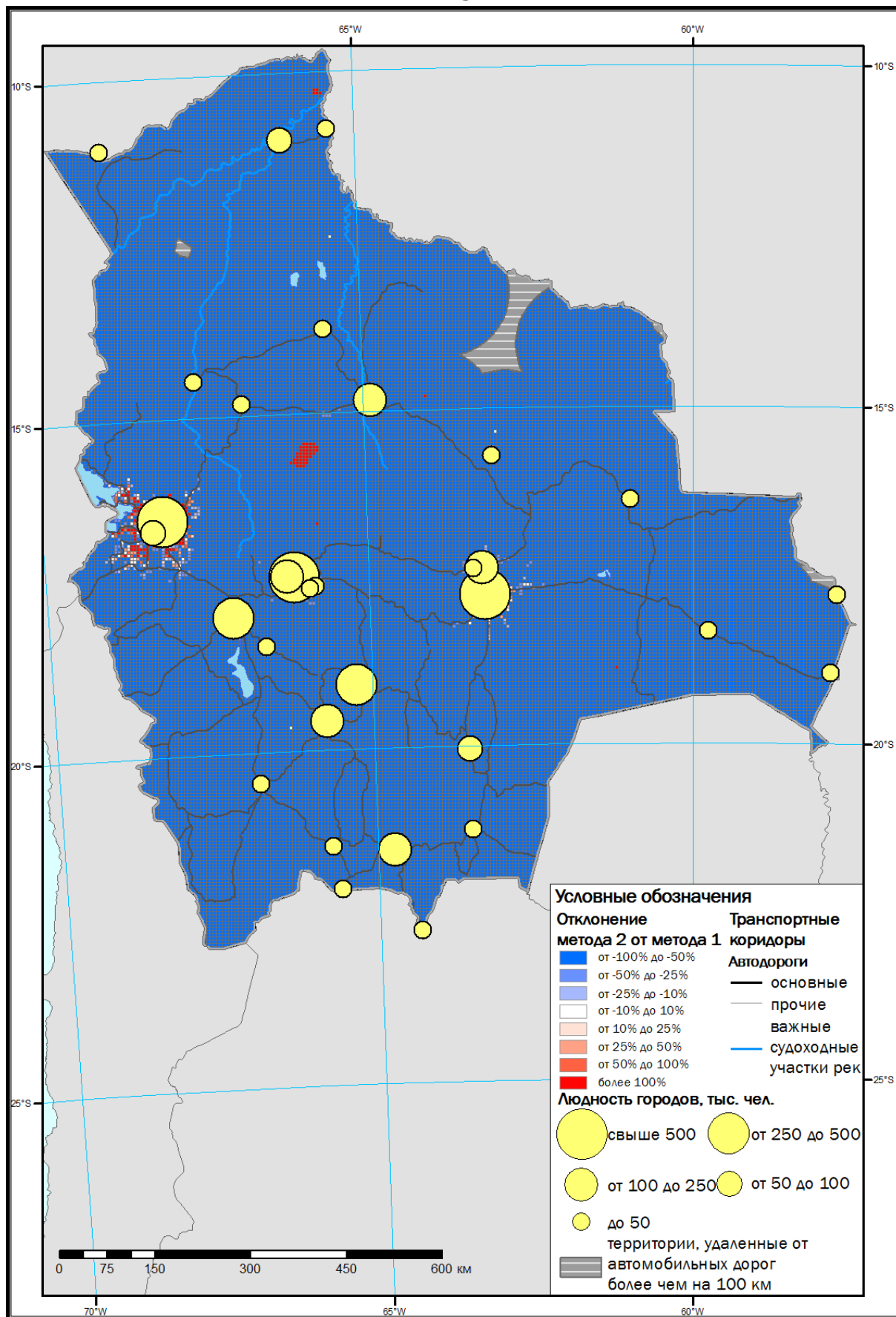


Рис. 89. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Боливии топологическим методом и методом потенциалов 3. Составлено автором

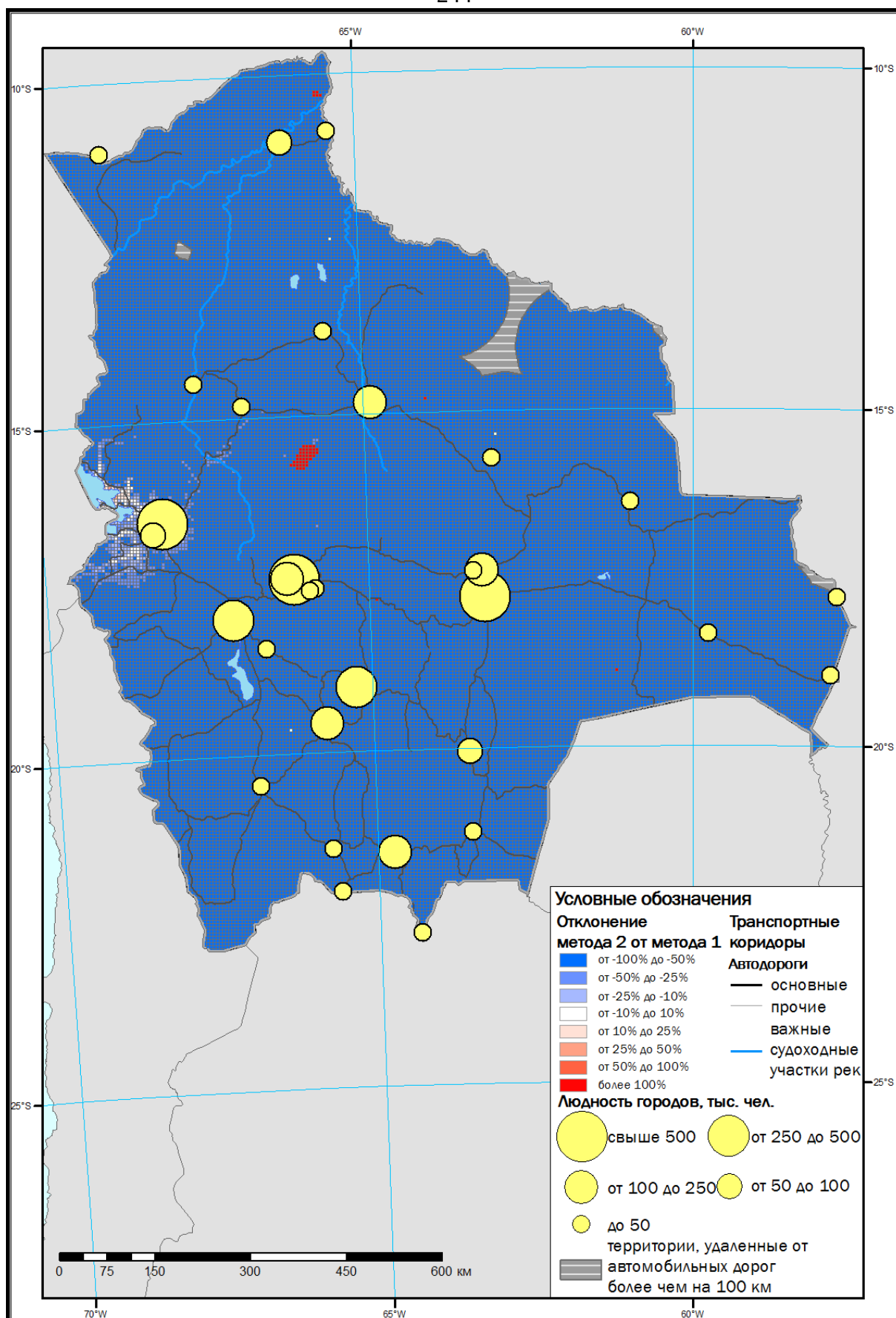


Рис. 90. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Боливии топологическим методом и методом потенциалов 4. Составлено автором

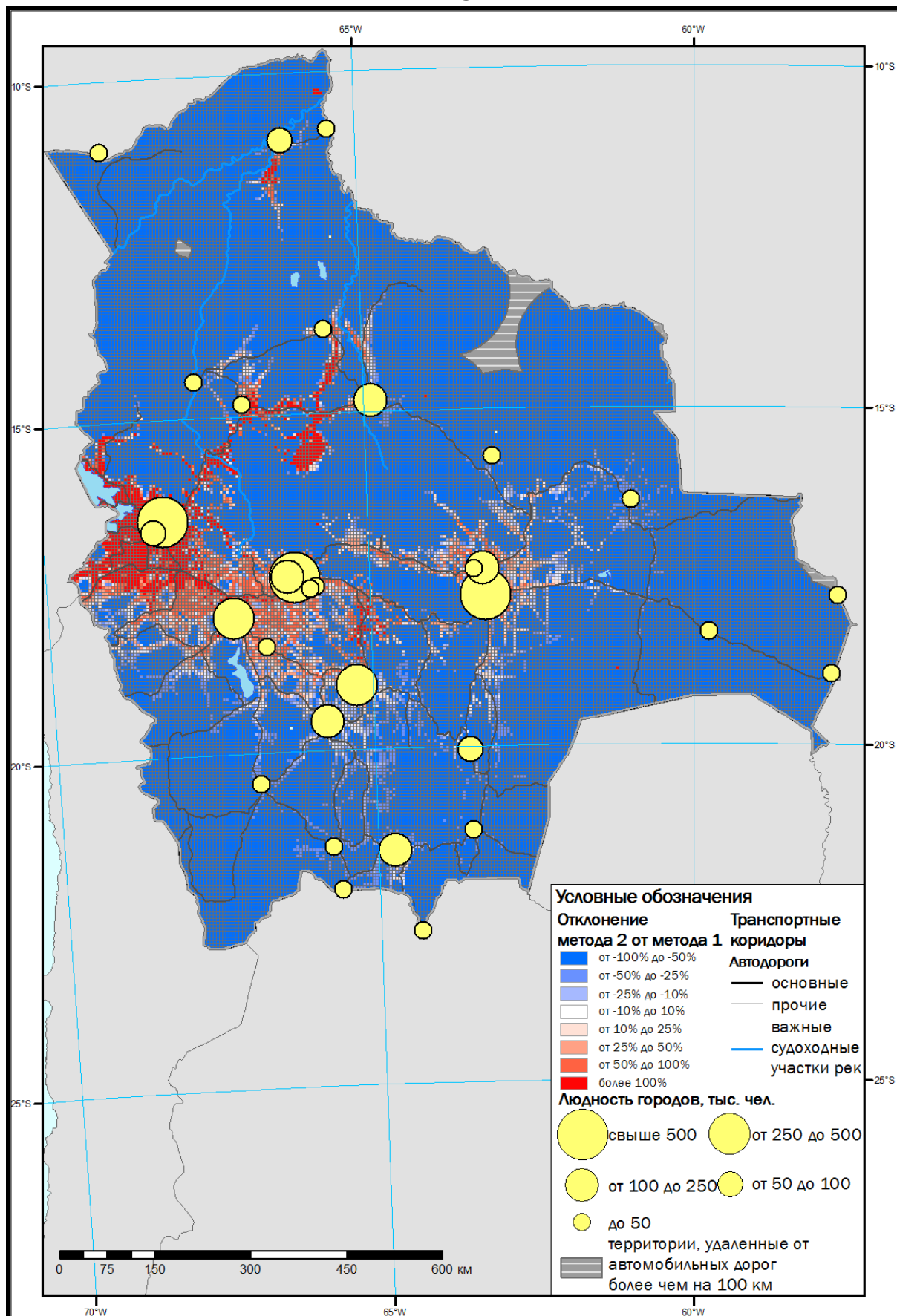


Рис. 91. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Боливии топологическим методом и методом потенциалов 5. Составлено автором

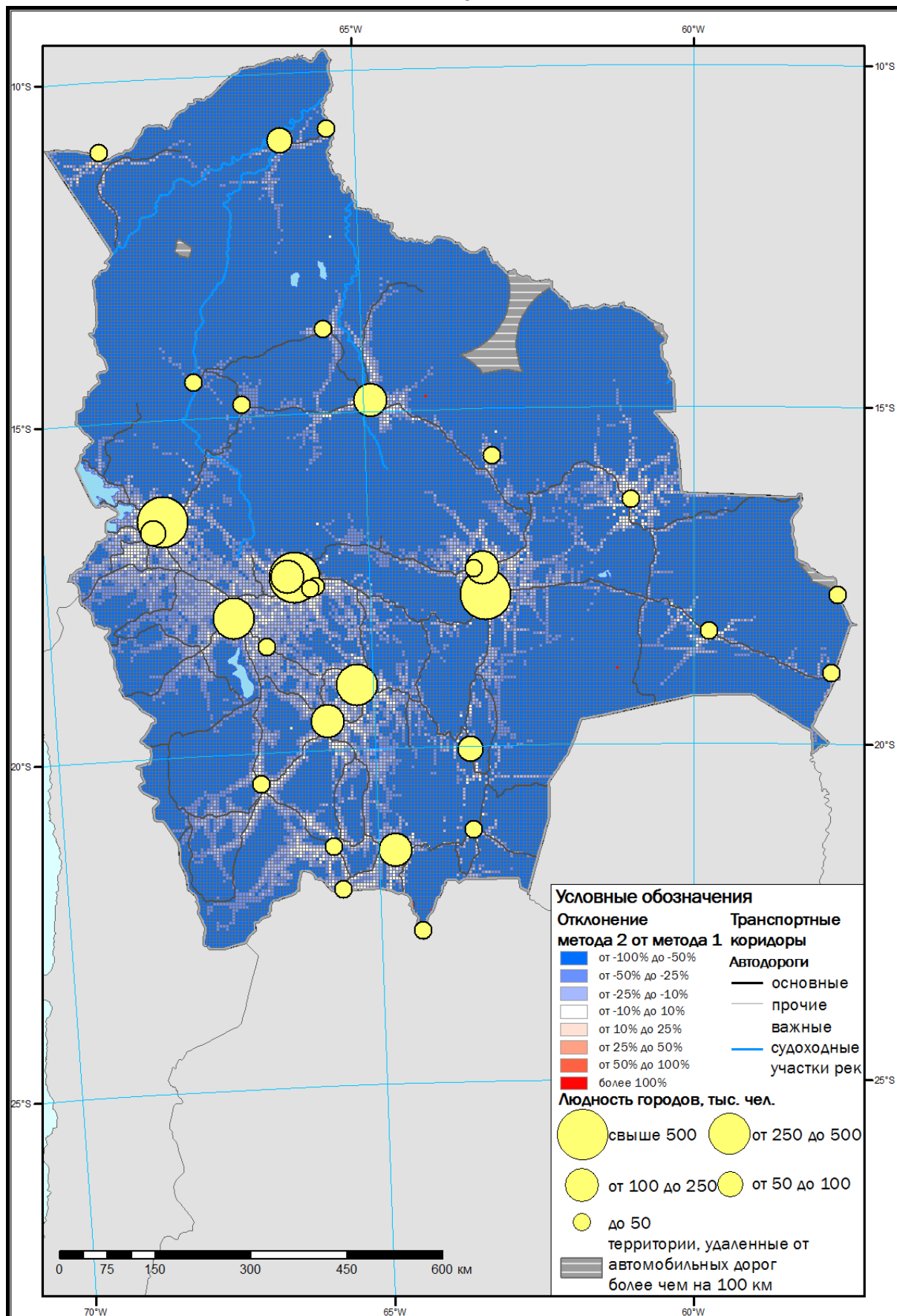


Рис. 92. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Боливии методом оценки пространственного разграничения и методом изолиний. Составлено автором

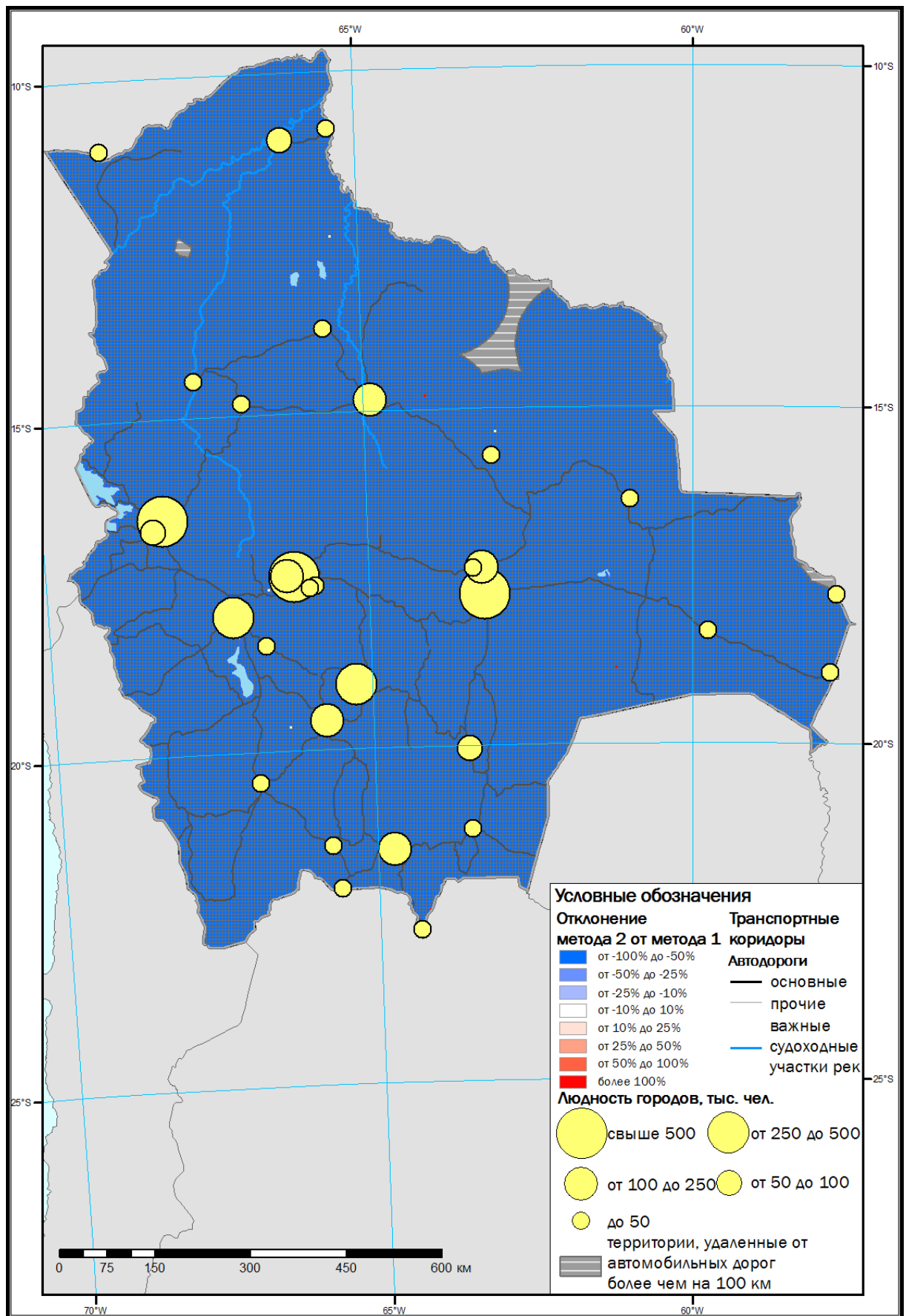


Рис. 93. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Боливии методом оценки пространственного разграничения и методом потенциалов 1. Составлено автором

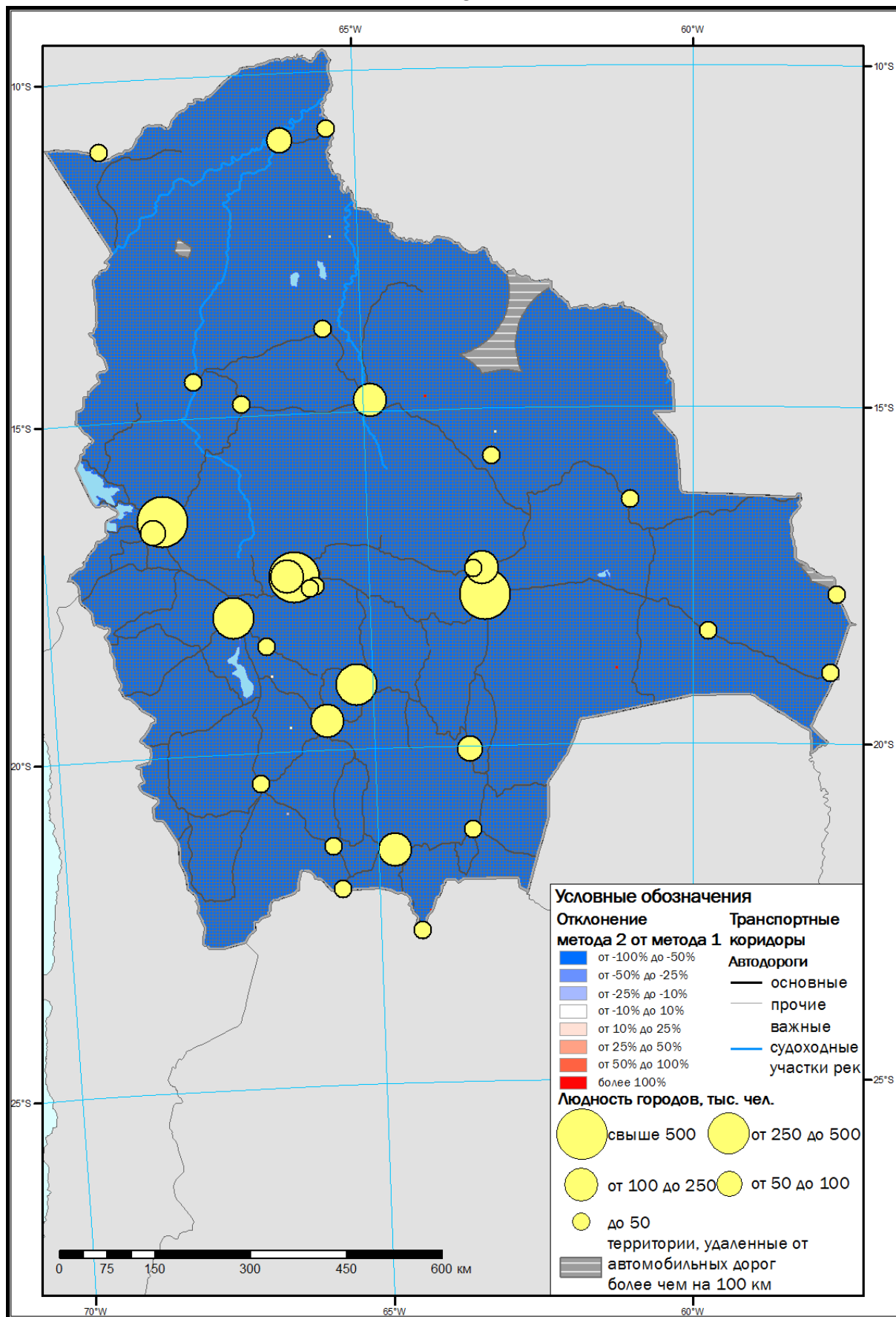


Рис. 94. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Боливии методом оценки пространственного разграничения и методом потенциалов 2. Составлено автором

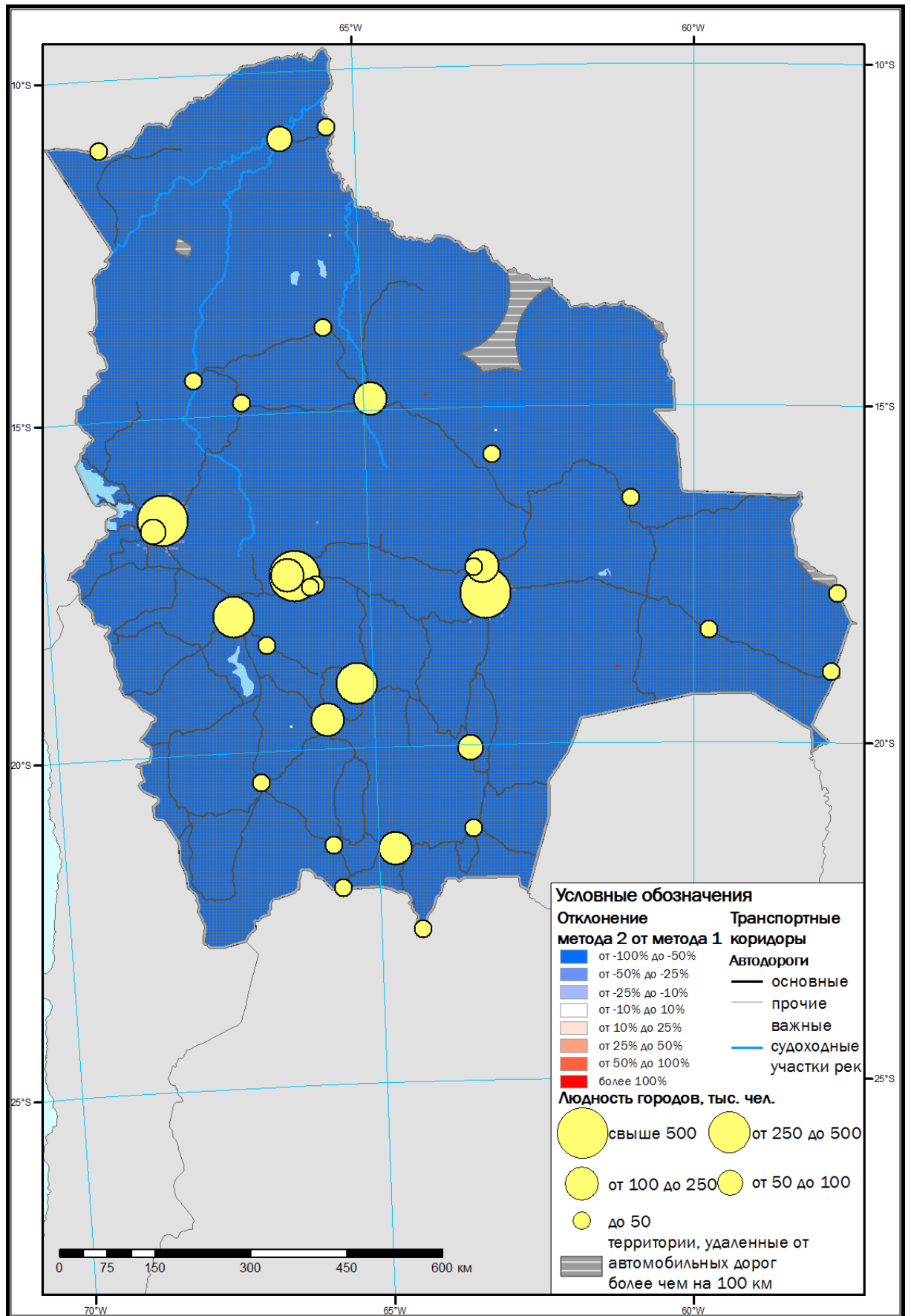


Рис. 95. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Боливии методом оценки пространственного разграничения и методом потенциалов 3. Составлено автором

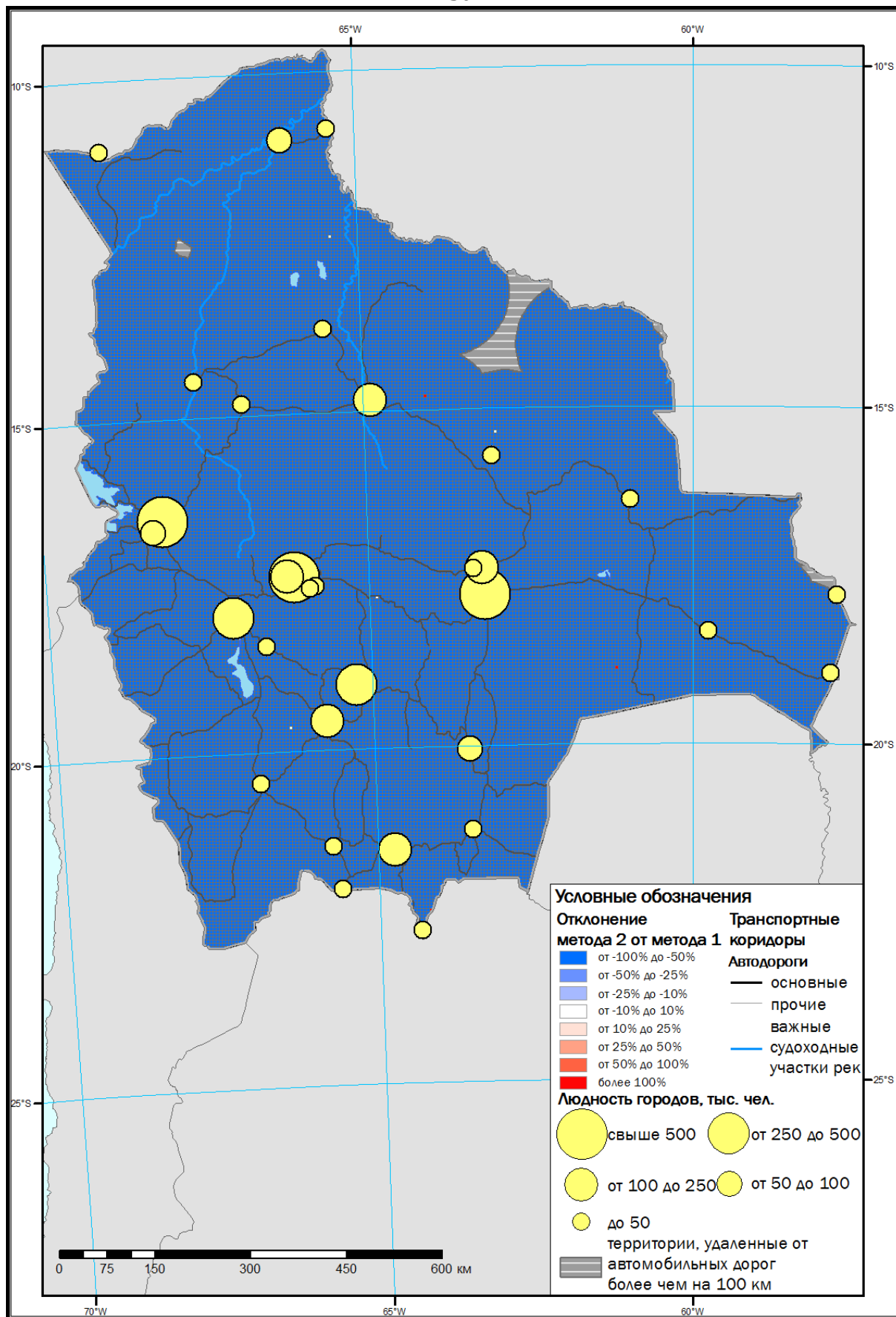


Рис. 96. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Боливии методом оценки пространственного разграничения и методом потенциалов 4. Составлено автором

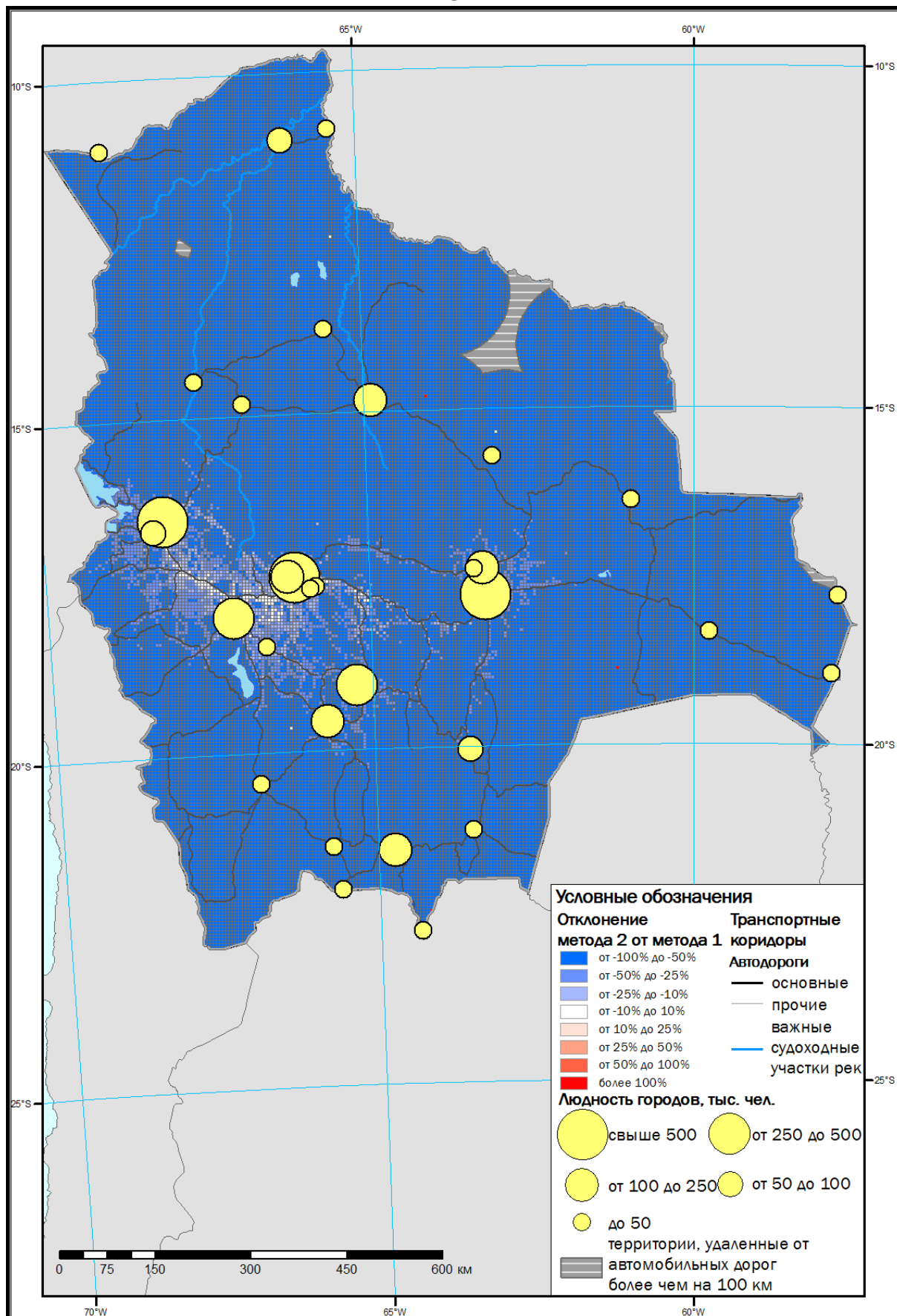


Рис. 97. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Боливии методом оценки пространственного разграничения и методом потенциалов 5. Составлено автором

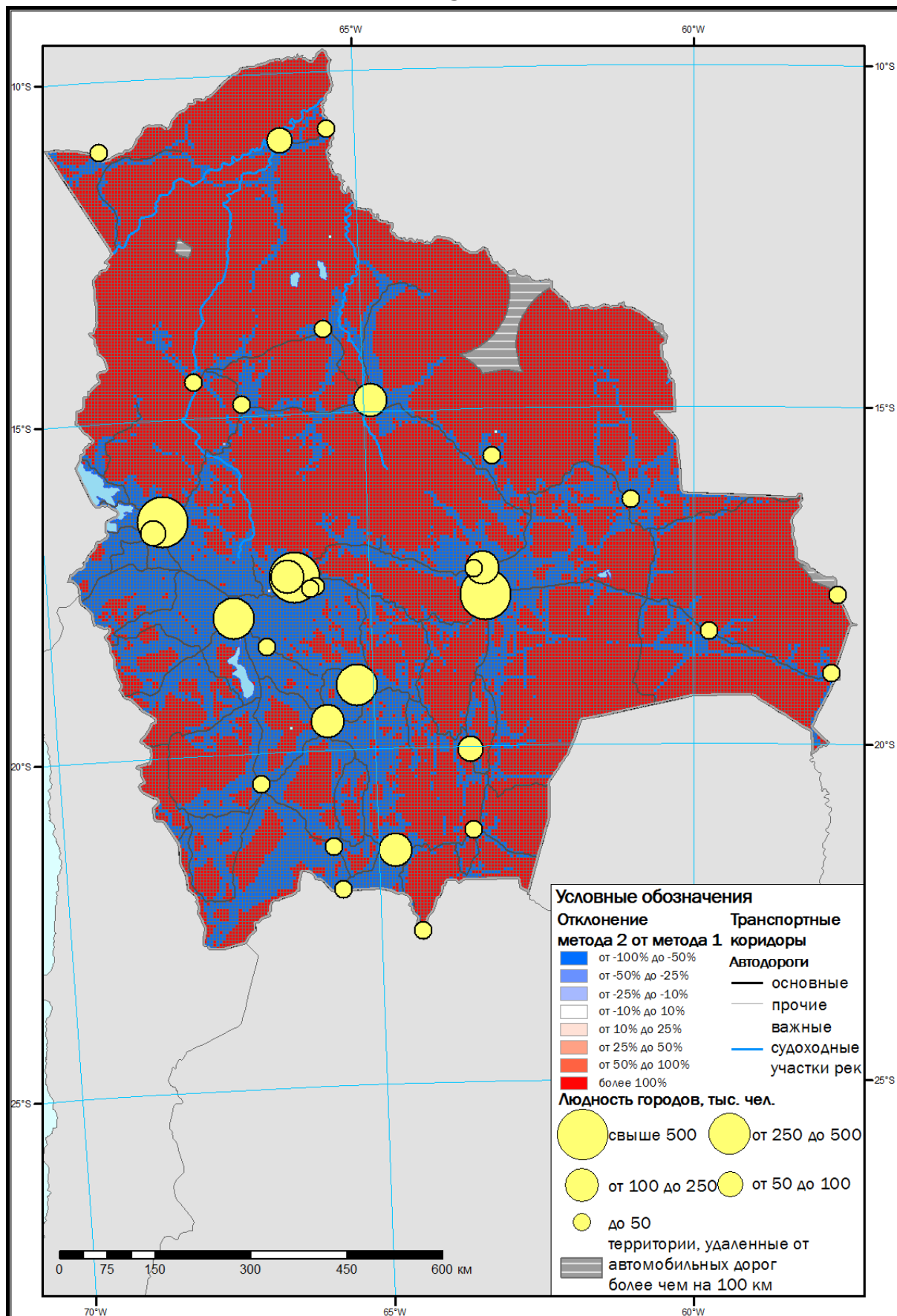


Рис. 98. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Боливии методом изолиний и методом потенциалов 1. Составлено автором

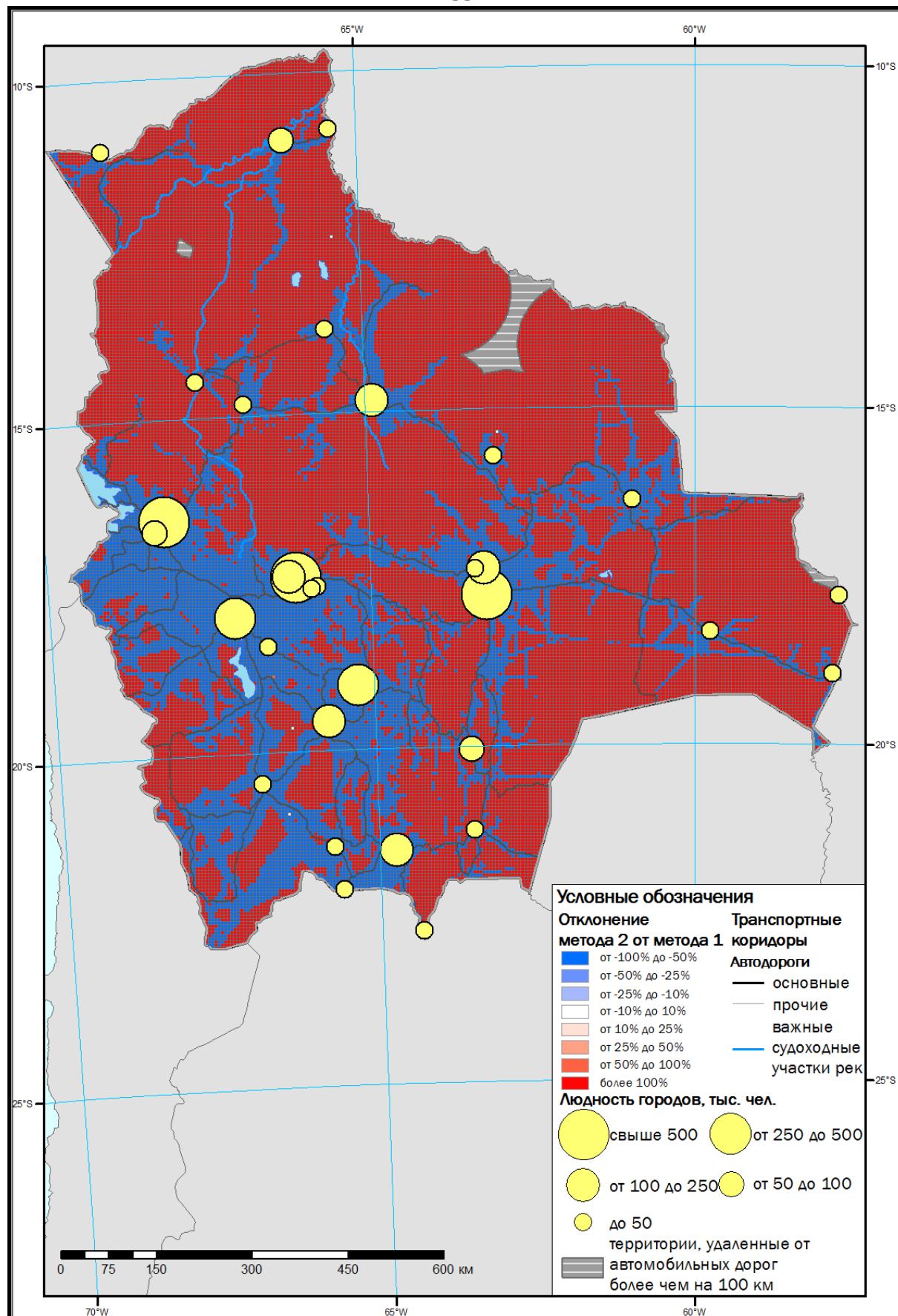


Рис. 99. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Боливии методом изолиний и методом потенциалов 2. Составлено автором

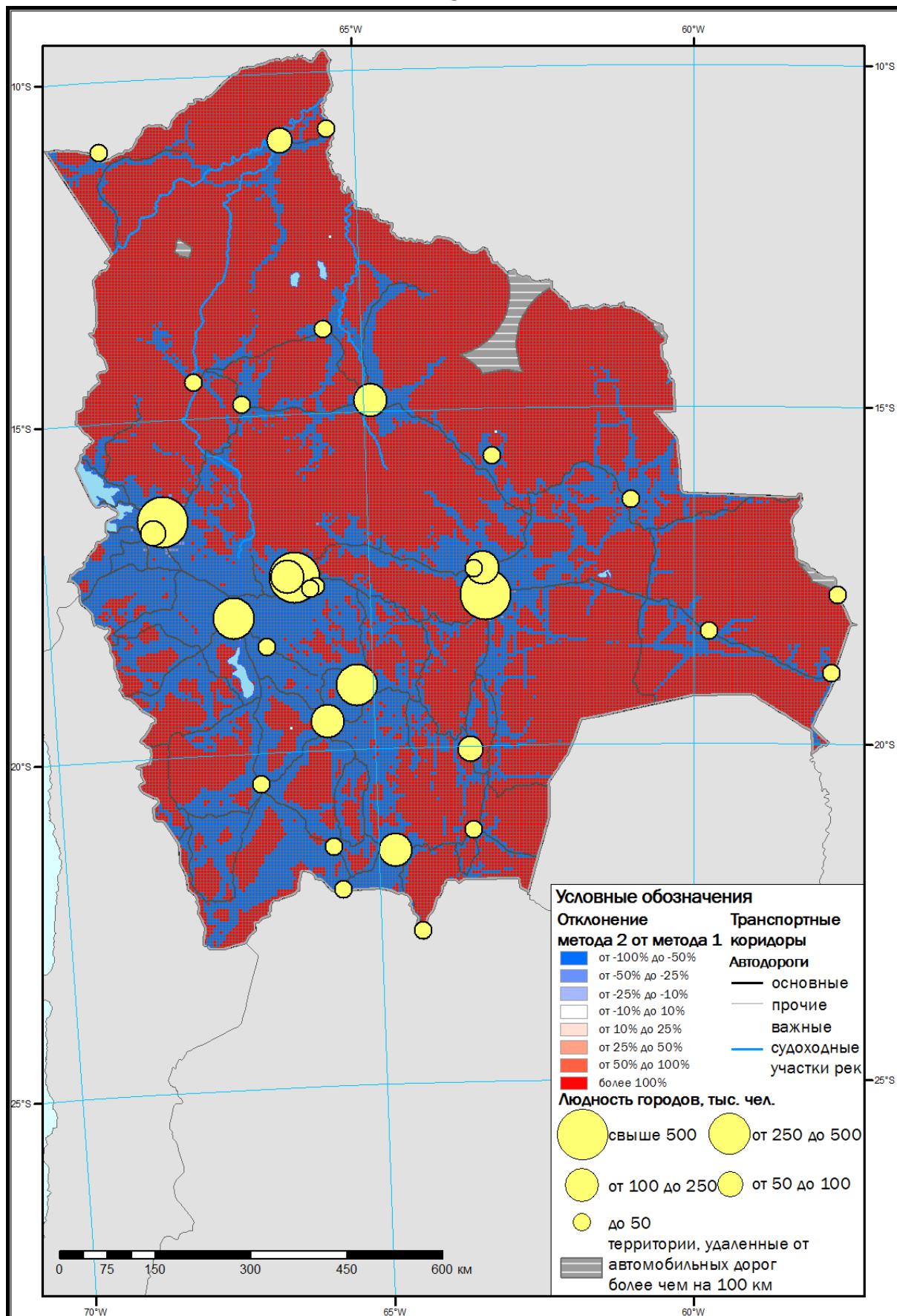


Рис. 100. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Боливии методом изолиний и методом потенциалов 3. Составлено автором

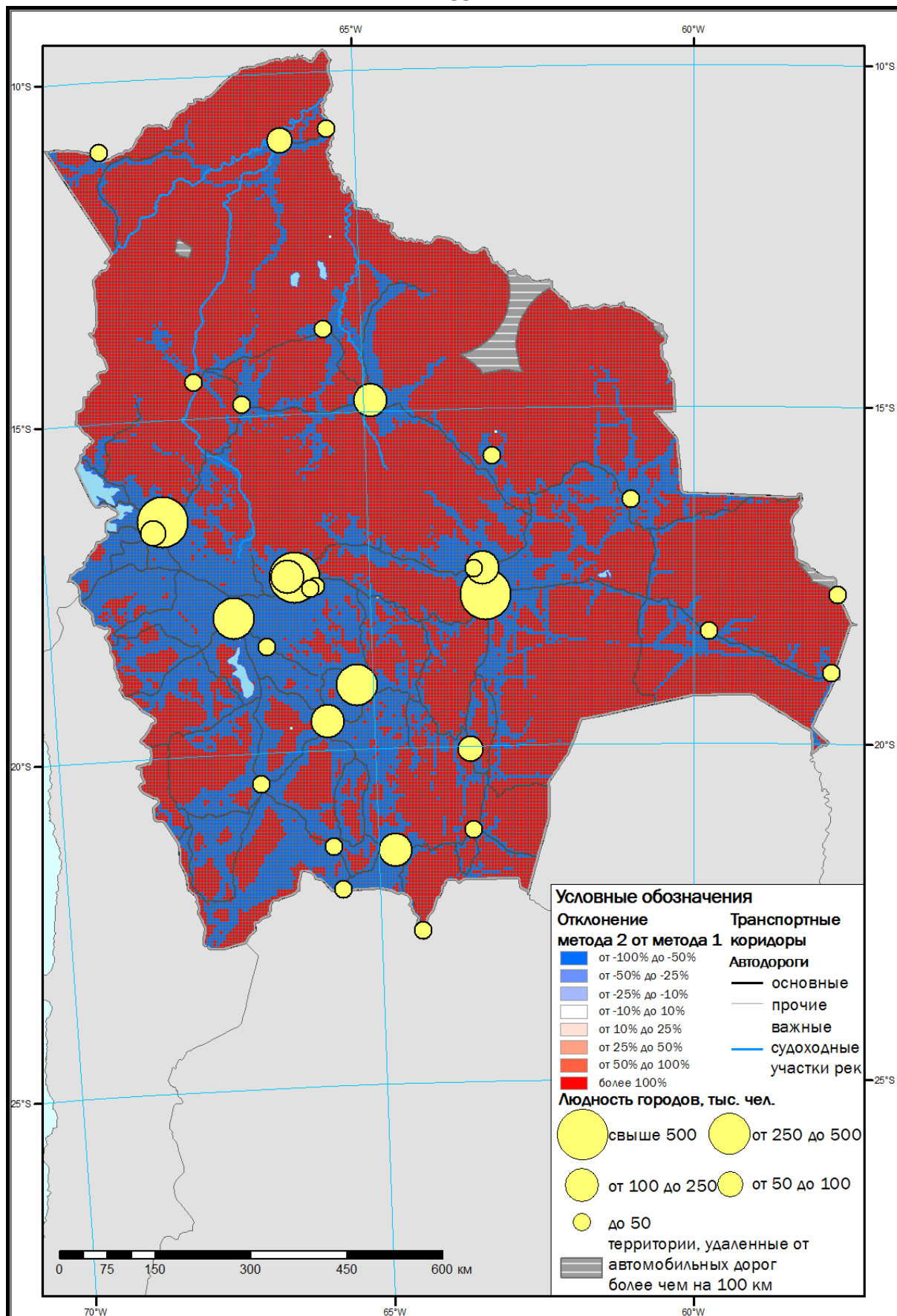


Рис. 101. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Боливии методом изолиний и методом потенциалов 4. Составлено автором

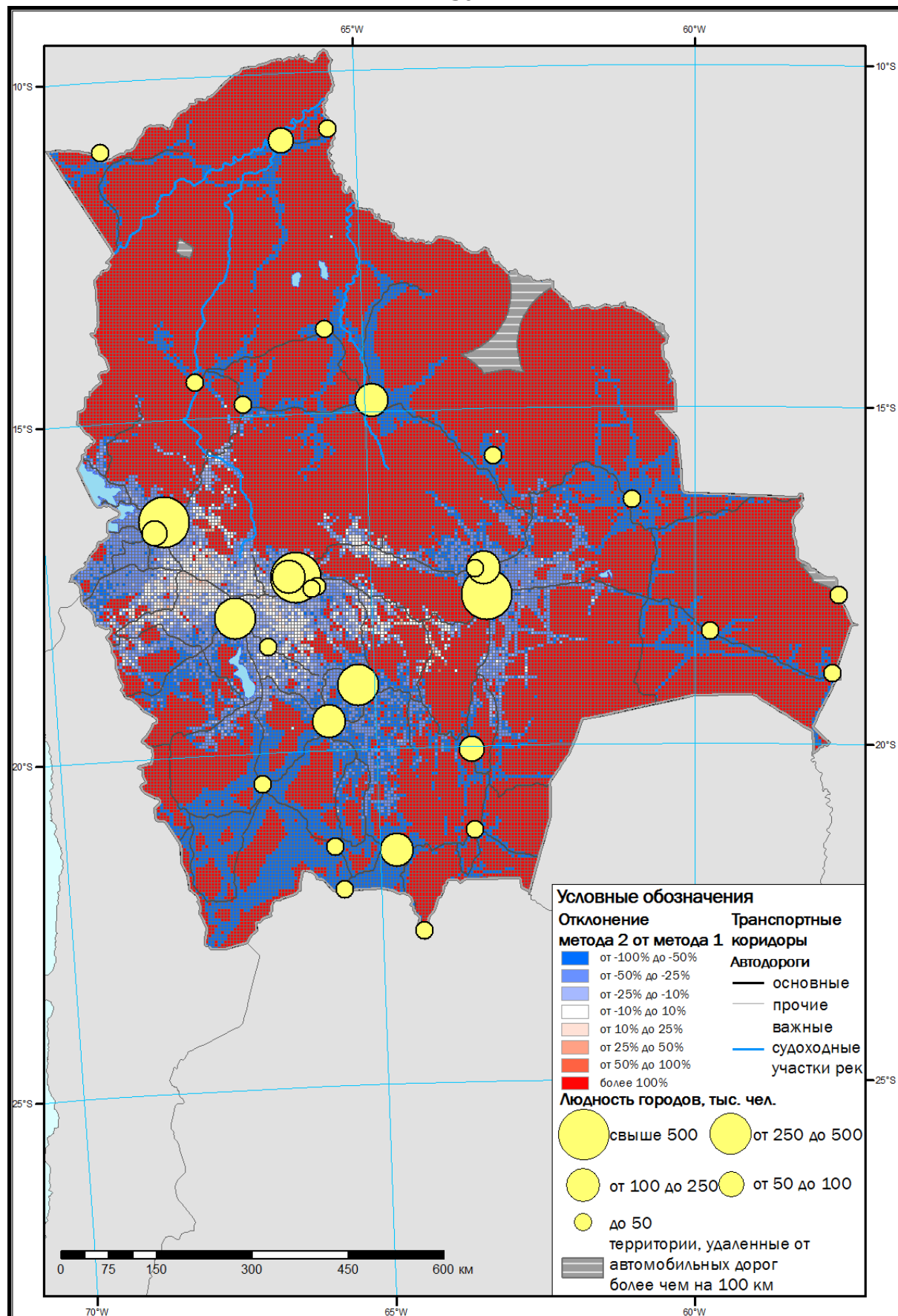


Рис. 102. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Боливии методом изолиний и методом потенциалов 5. Составлено автором

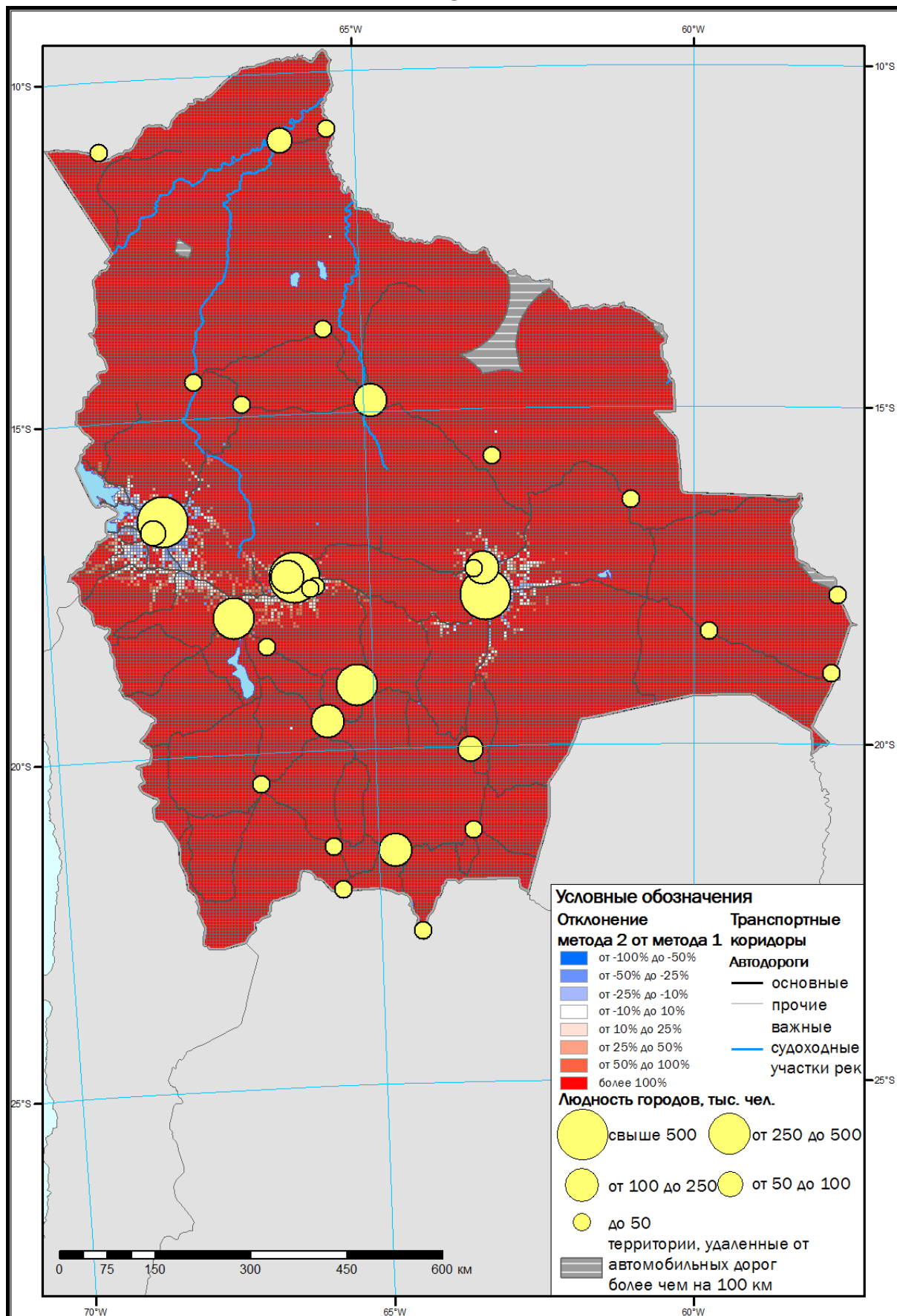


Рис. 103. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Боливии методом потенциалов 1 и методом потенциалов 2. Составлено автором

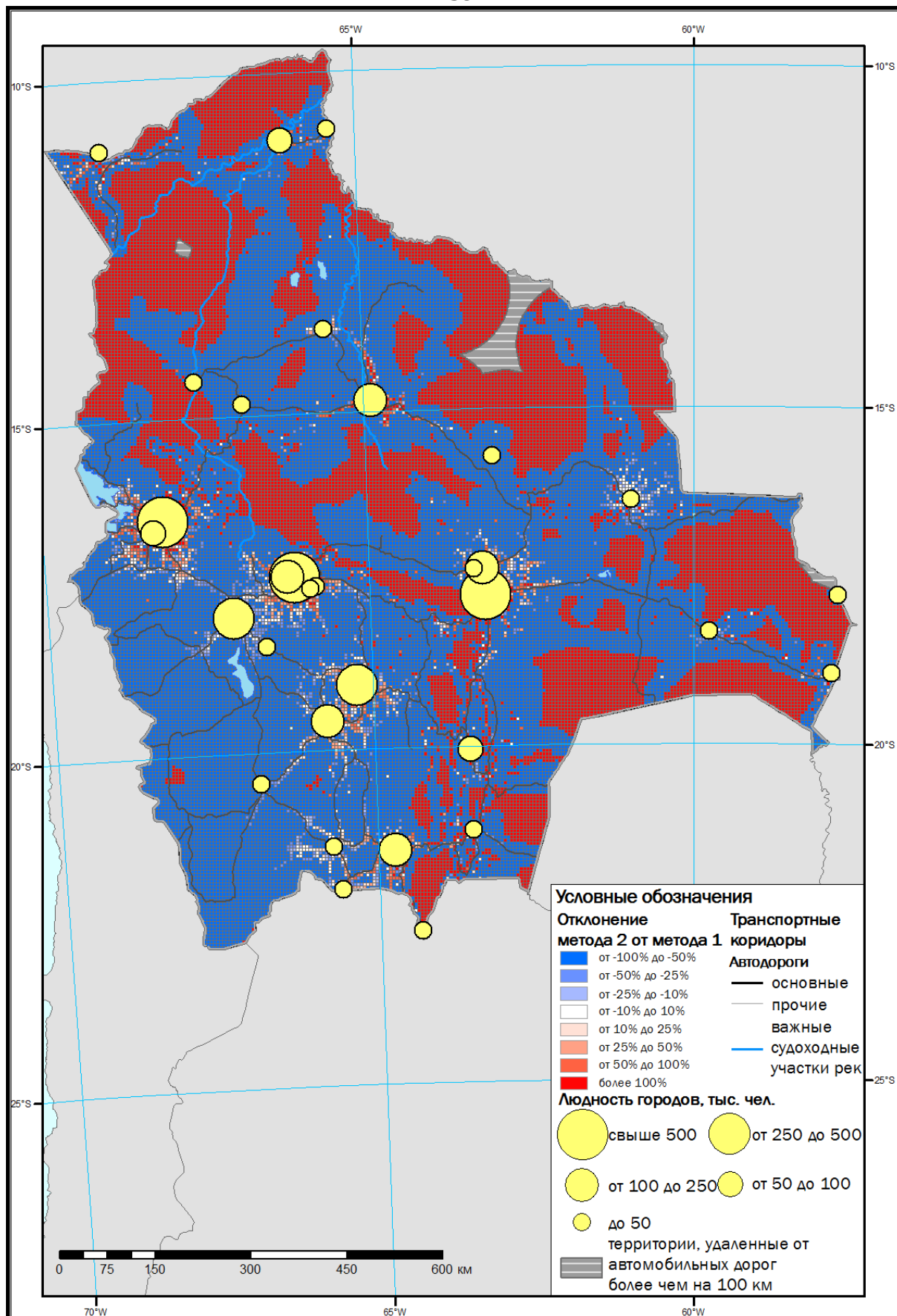


Рис. 104. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Боливии методом потенциалов 1 и методом потенциалов 3. Составлено автором

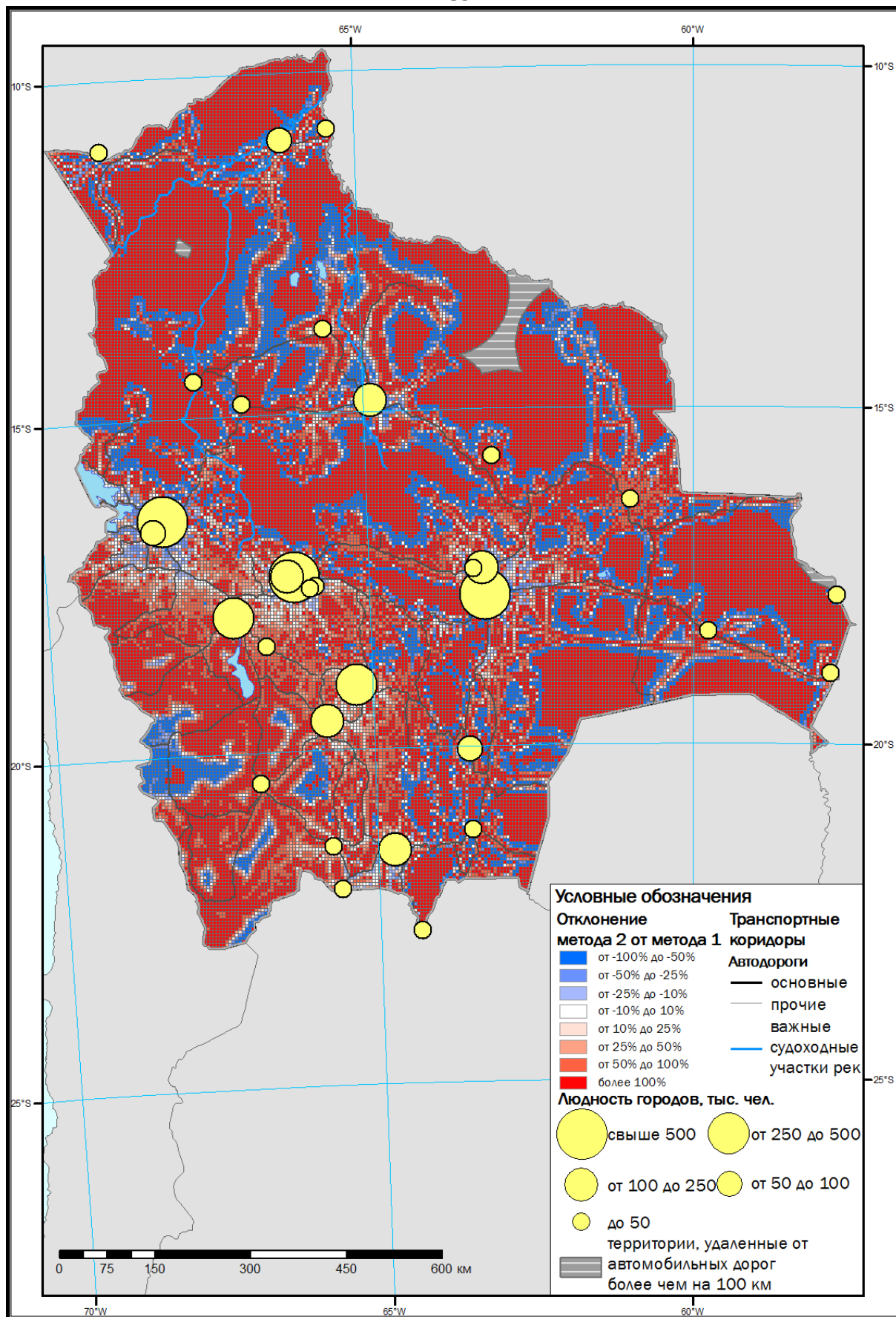


Рис. 105. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Боливии методом потенциалов 1 и методом потенциалов 4. Составлено автором

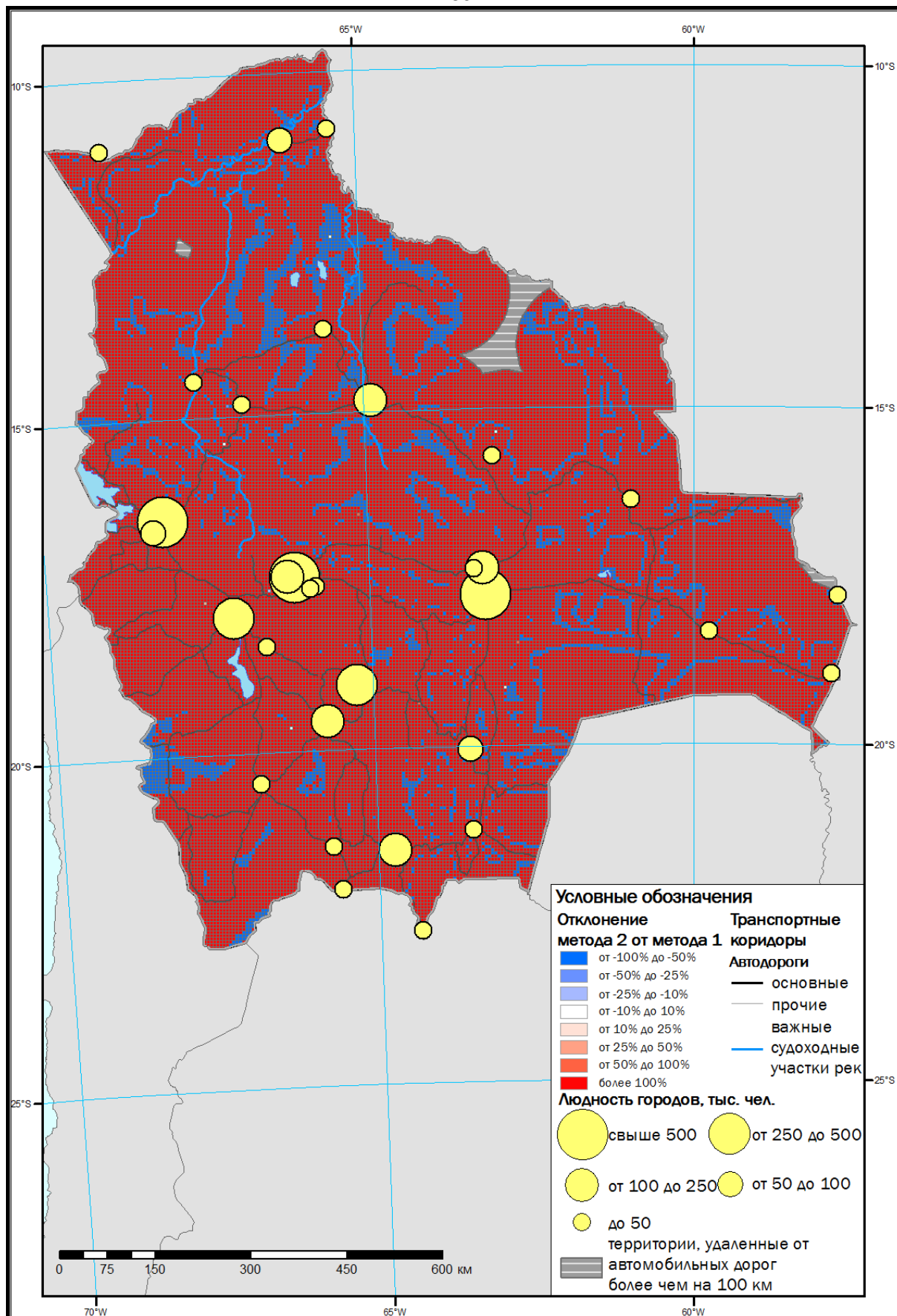


Рис. 106. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Боливии методом потенциалов 1 и методом потенциалов 5. Составлено автором

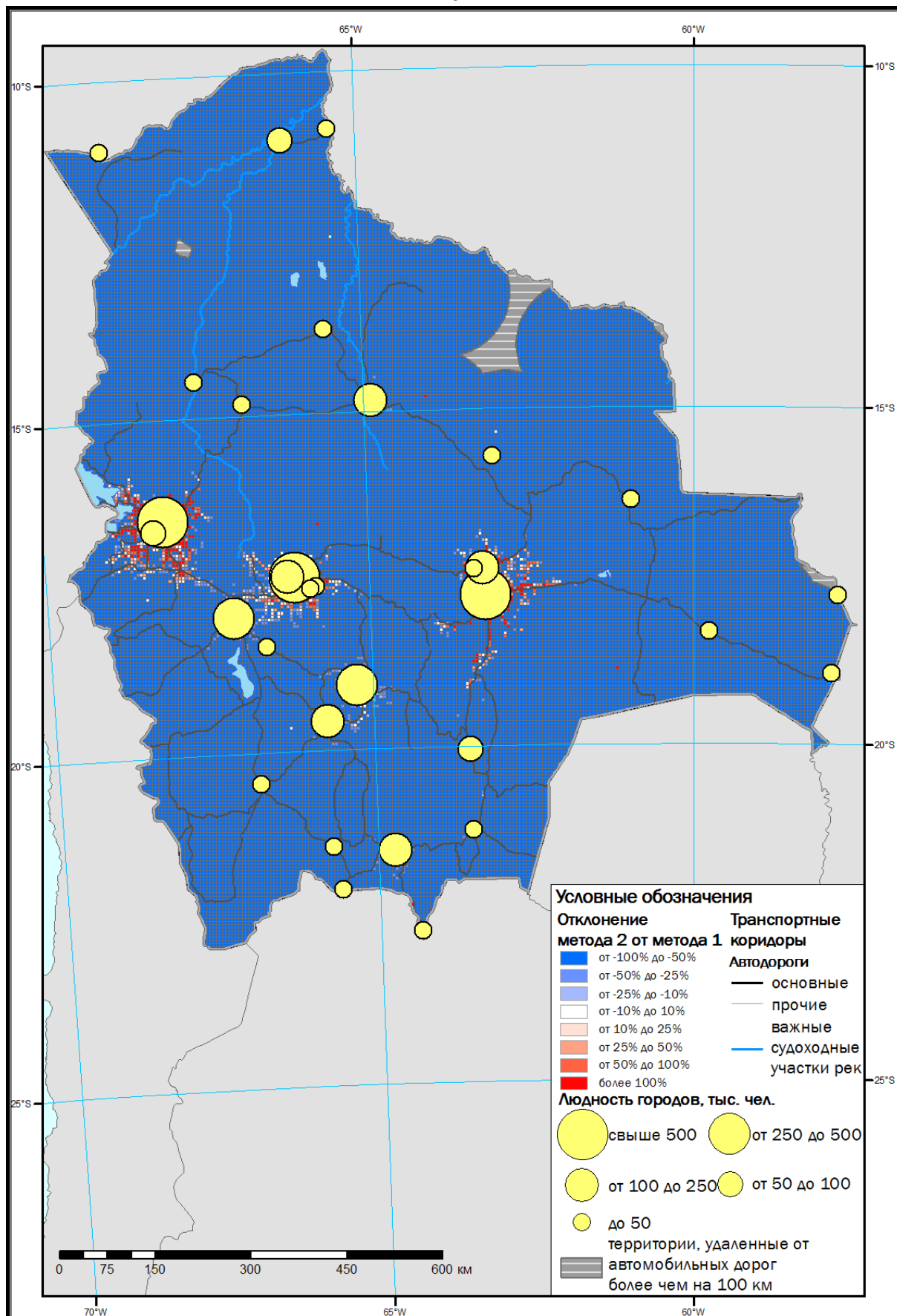


Рис. 107. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Боливии методом потенциалов 2 и методом потенциалов 3. Составлено автором

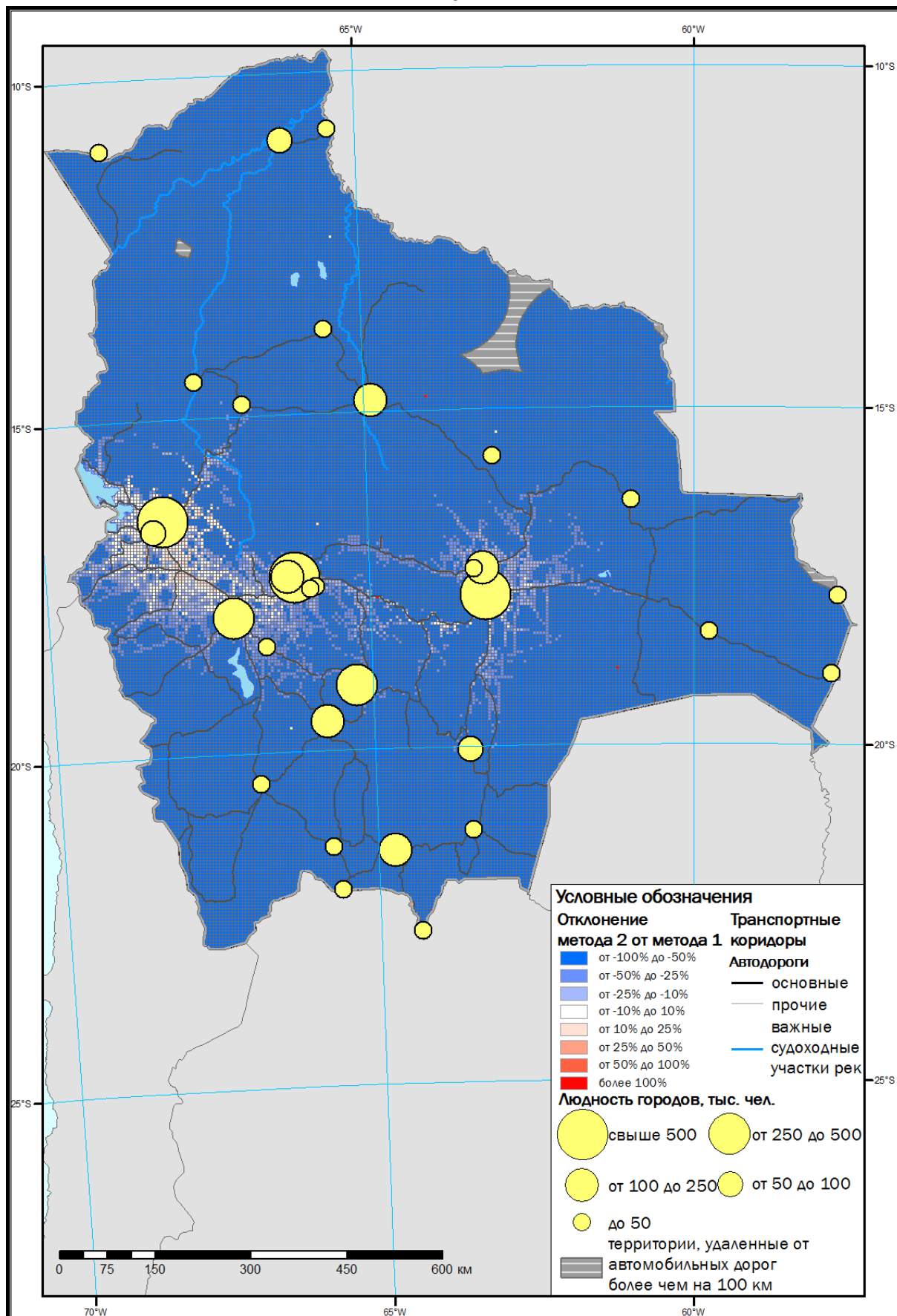


Рис. 108. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Боливии методом потенциалов 2 и методом потенциалов 4. Составлено автором

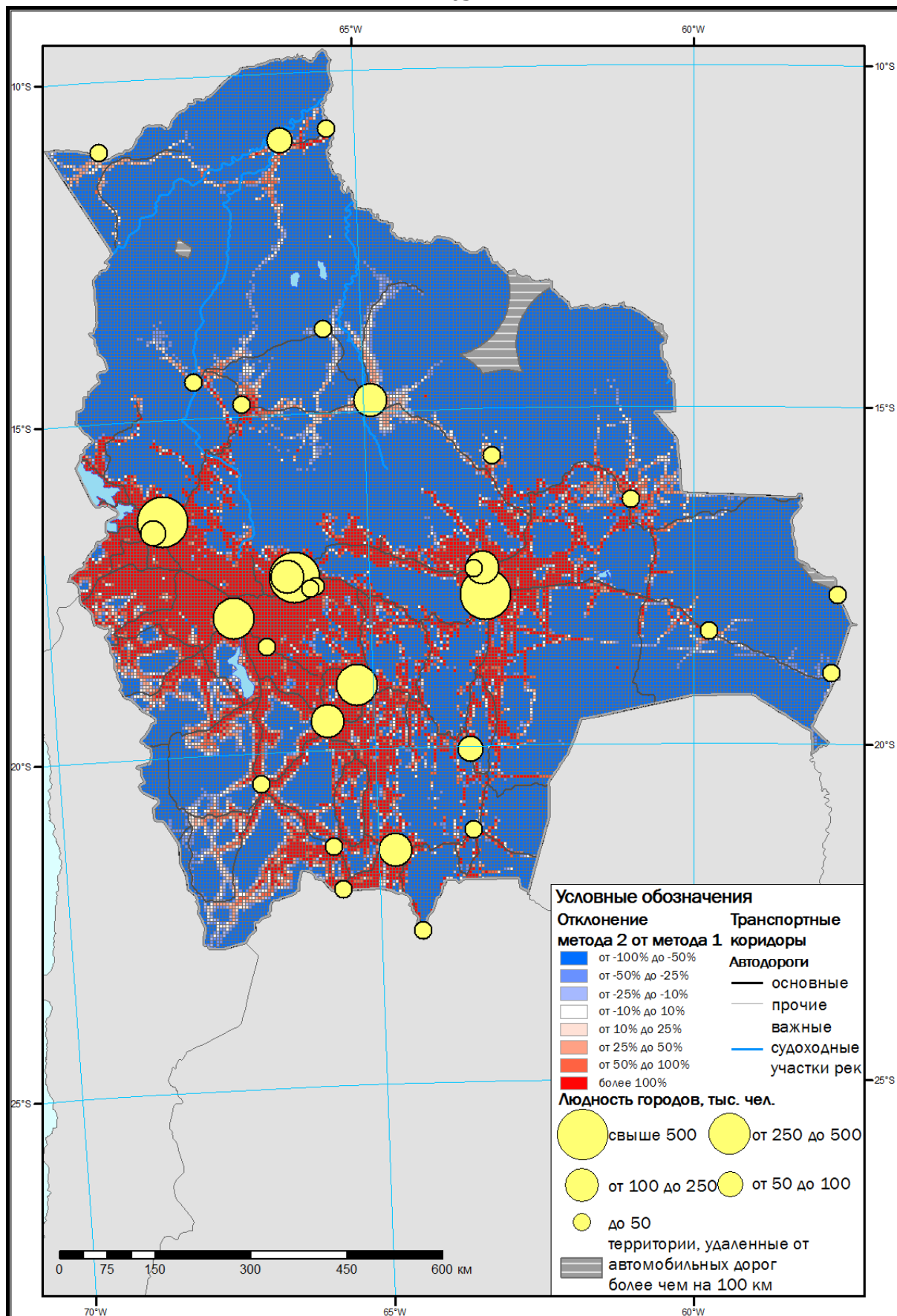


Рис. 109. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Боливии методом потенциалов 2 и методом потенциалов 5. Составлено автором

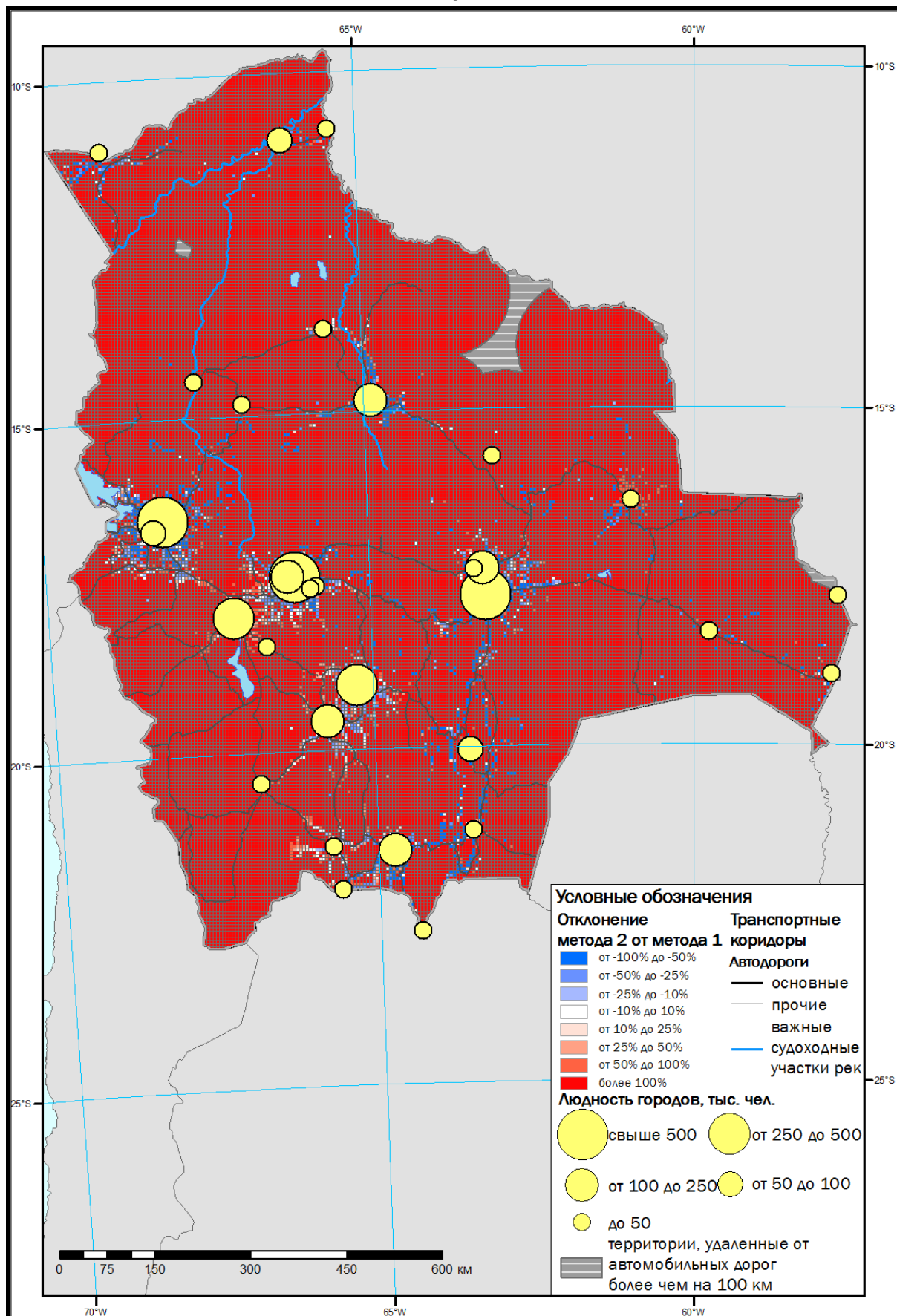


Рис. 110. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Боливии методом потенциалов 3 и методом потенциалов 4. Составлено автором

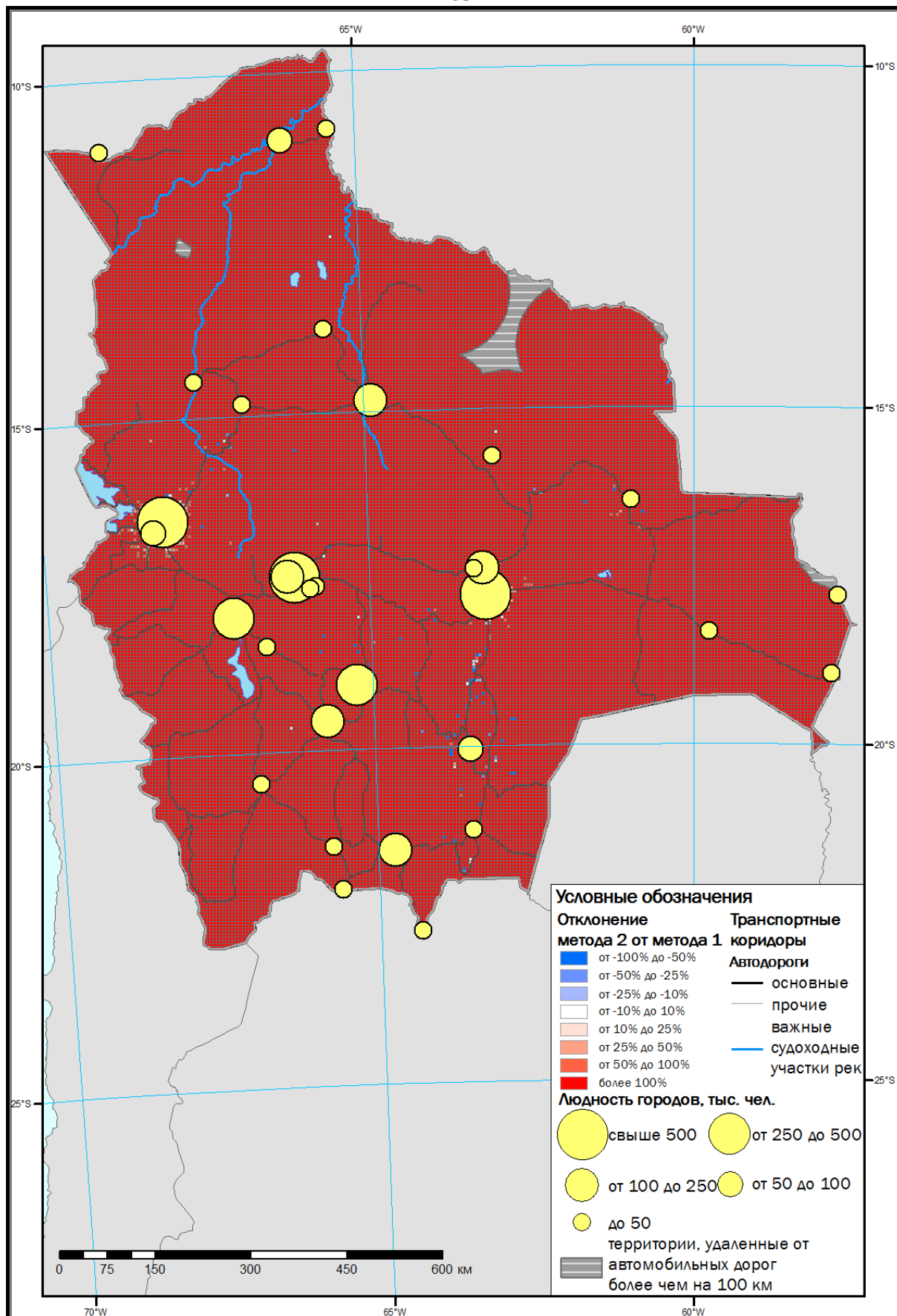


Рис. 111. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Боливии методом потенциалов 3 и методом потенциалов 5. Составлено автором

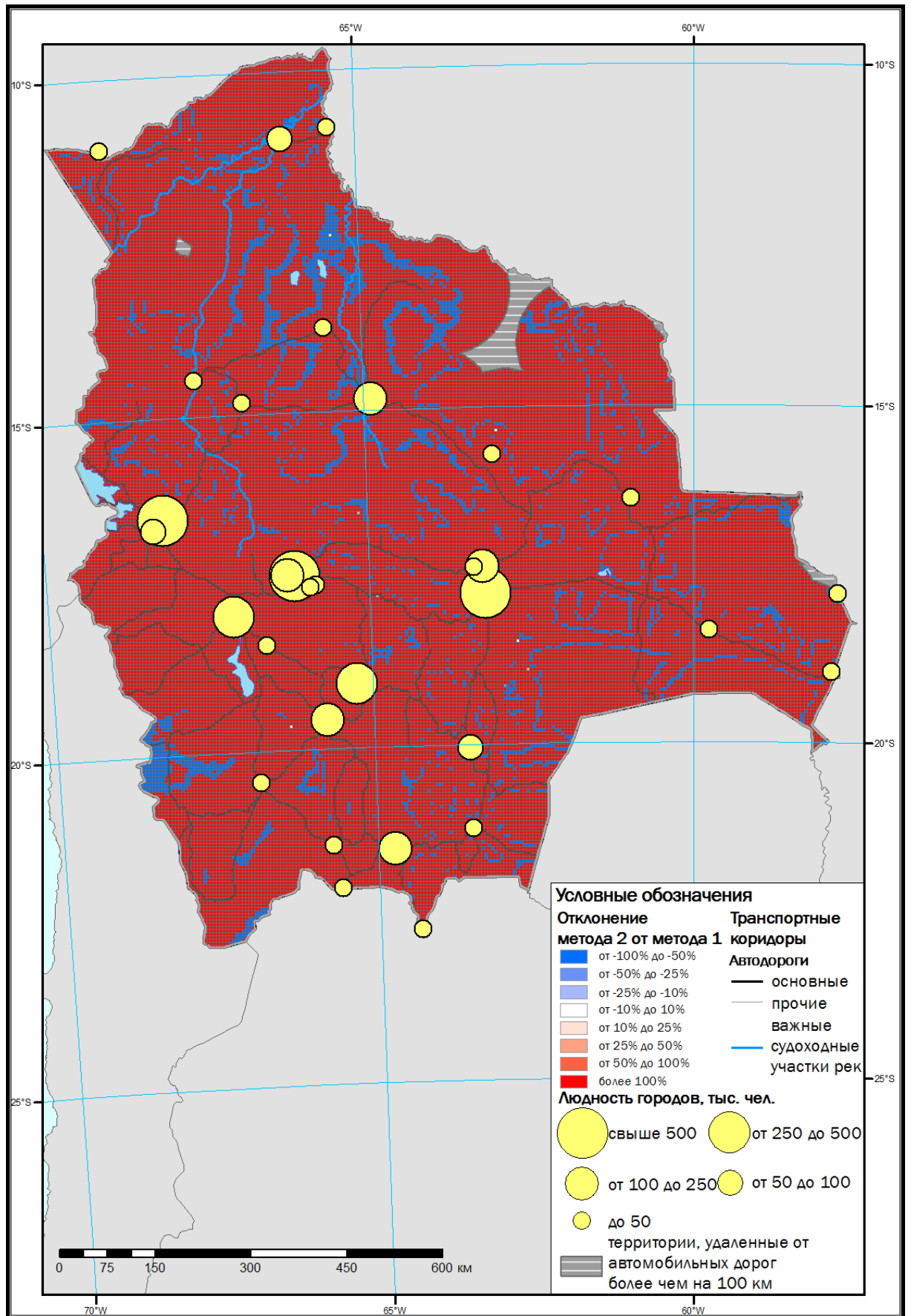


Рис. 112. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Боливии методом потенциалов 4 и методом потенциалов 5. Составлено автором

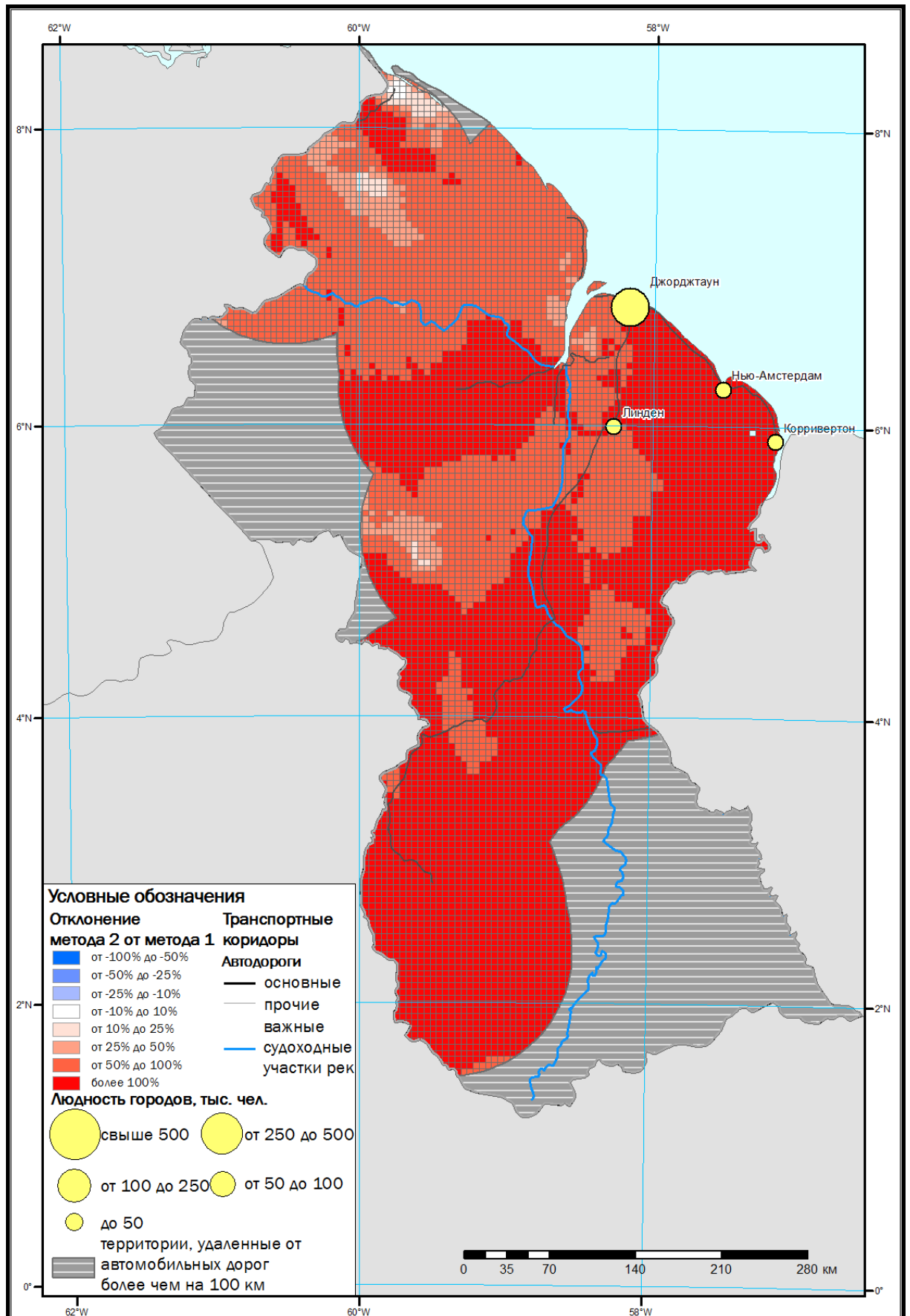


Рис. 113. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Гайаны топологическим методом и методом оценки пространственного разграничения. Составлено автором

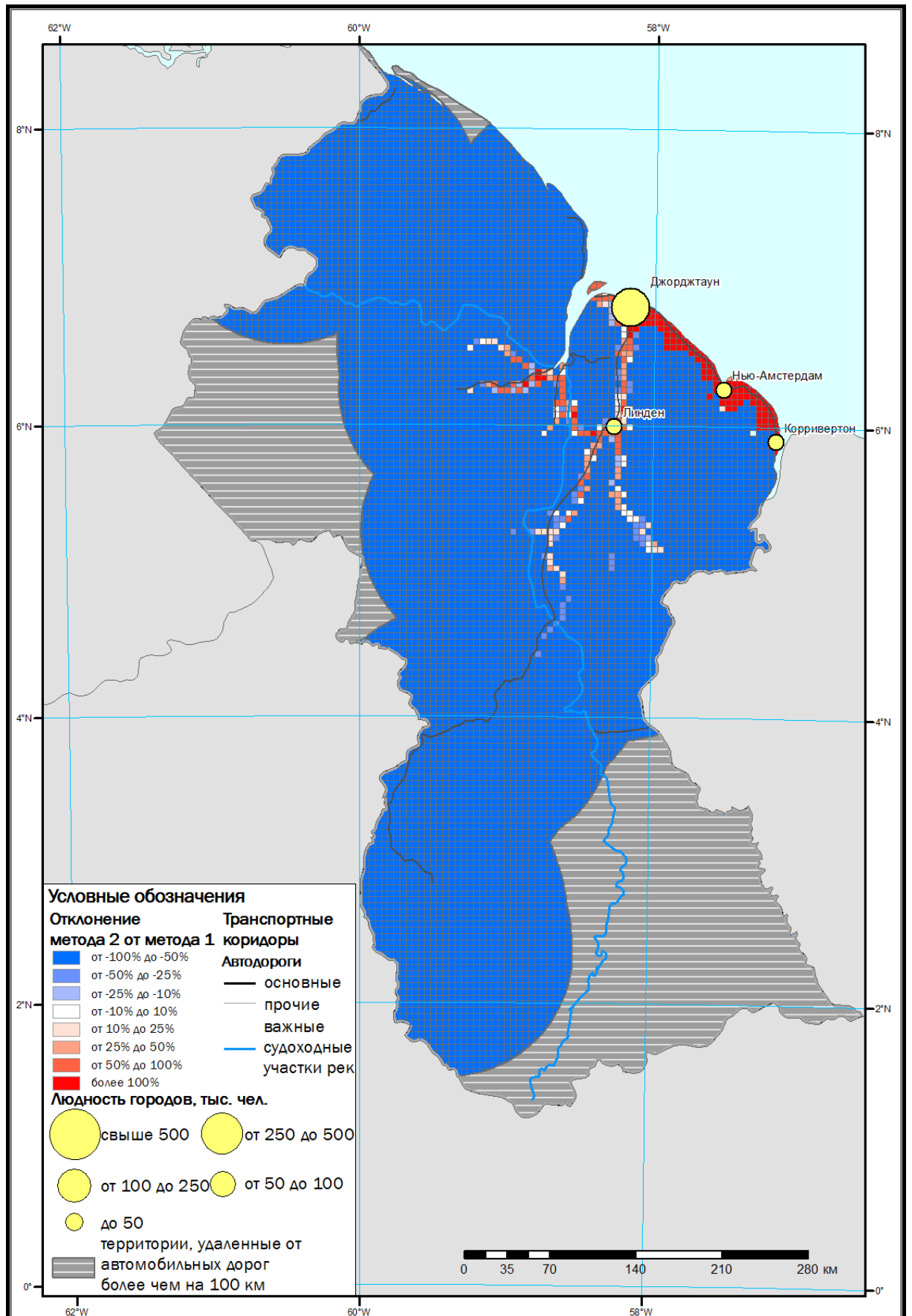


Рис. 114. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Гайаны топологическим методом и методом изолиний. Составлено автором

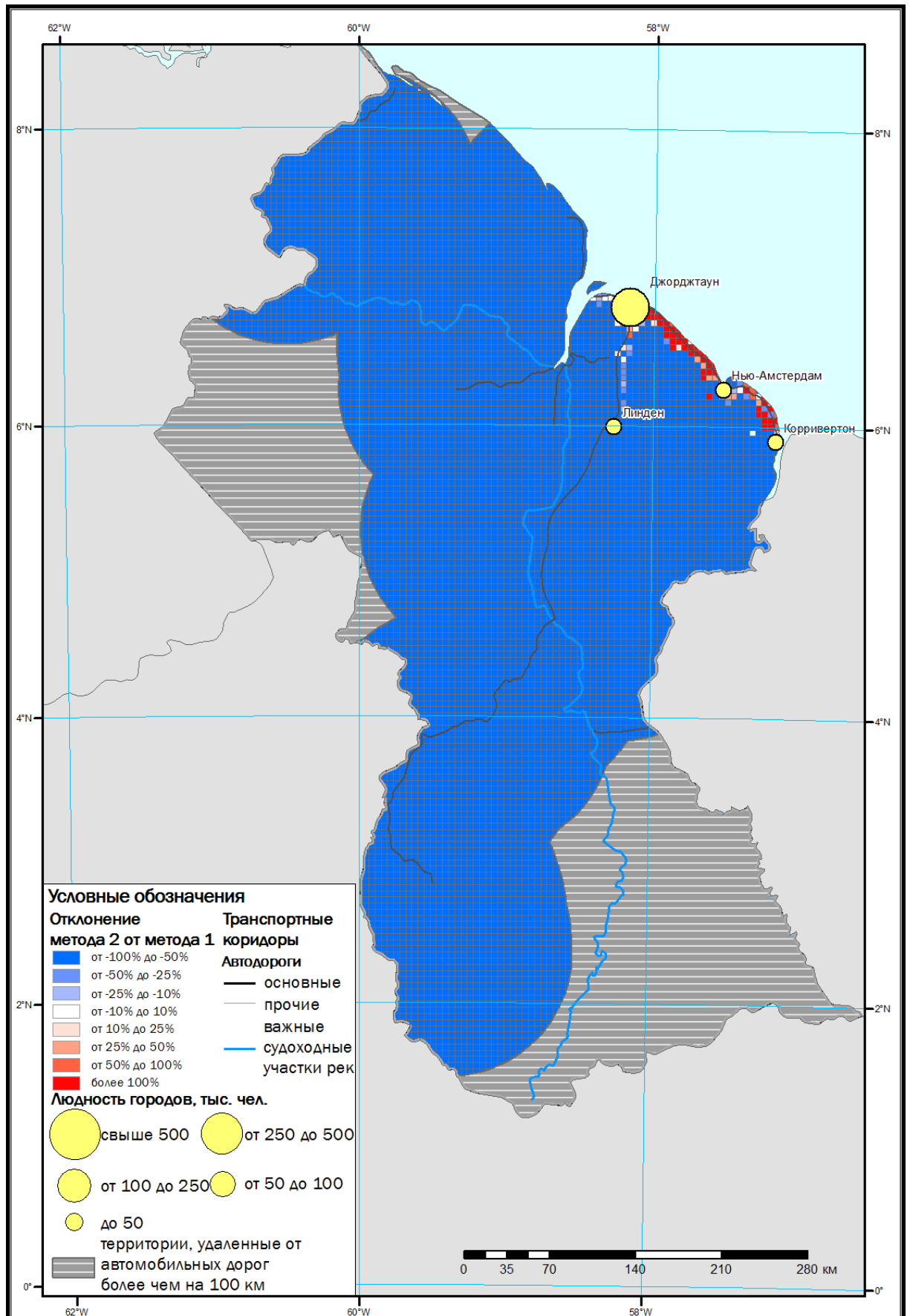


Рис. 115. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Гайаны топологическим методом и методом потенциалов 1. Составлено автором

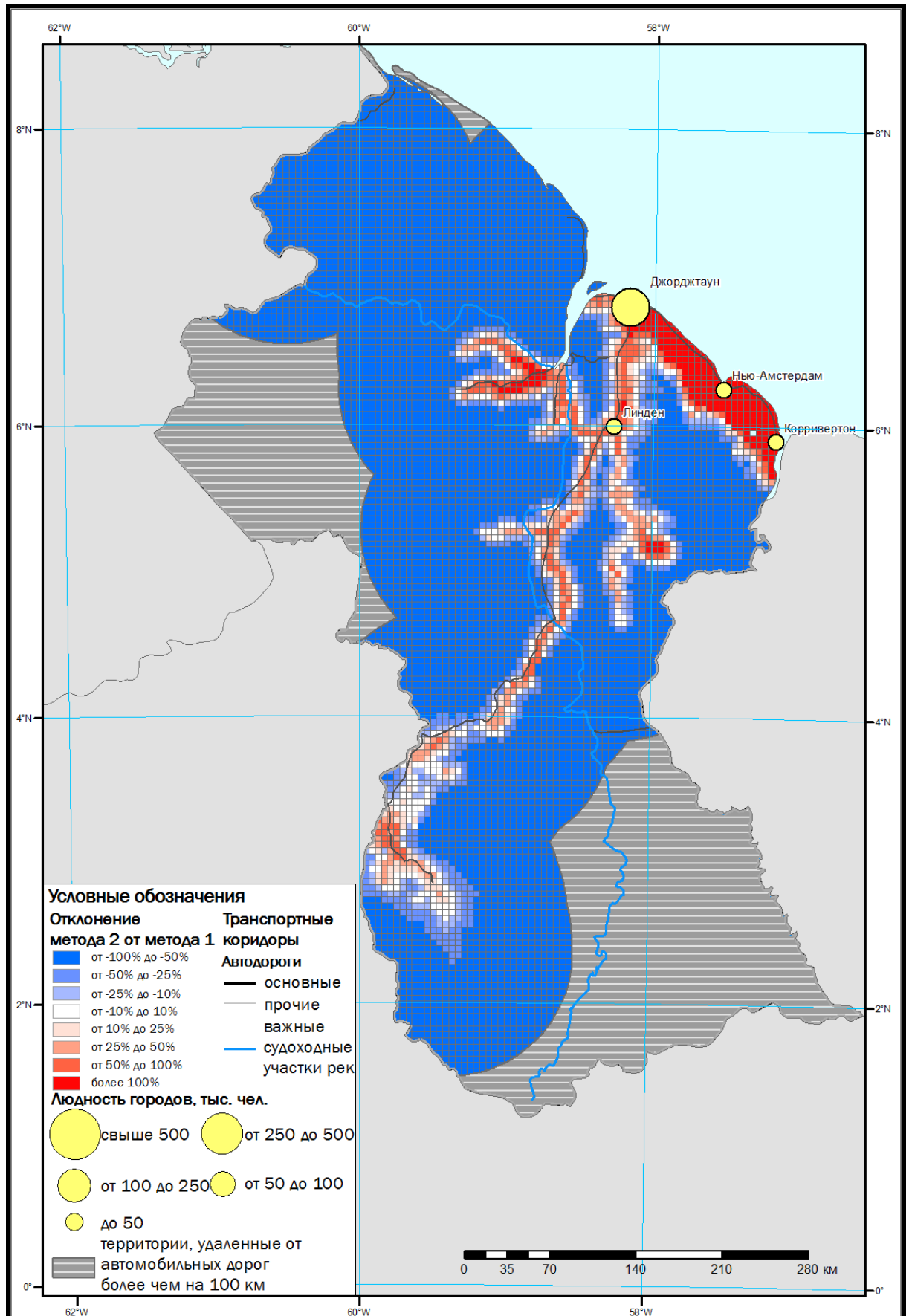


Рис. 116. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Гайаны топологическим методом и методом потенциалов 2. Составлено автором

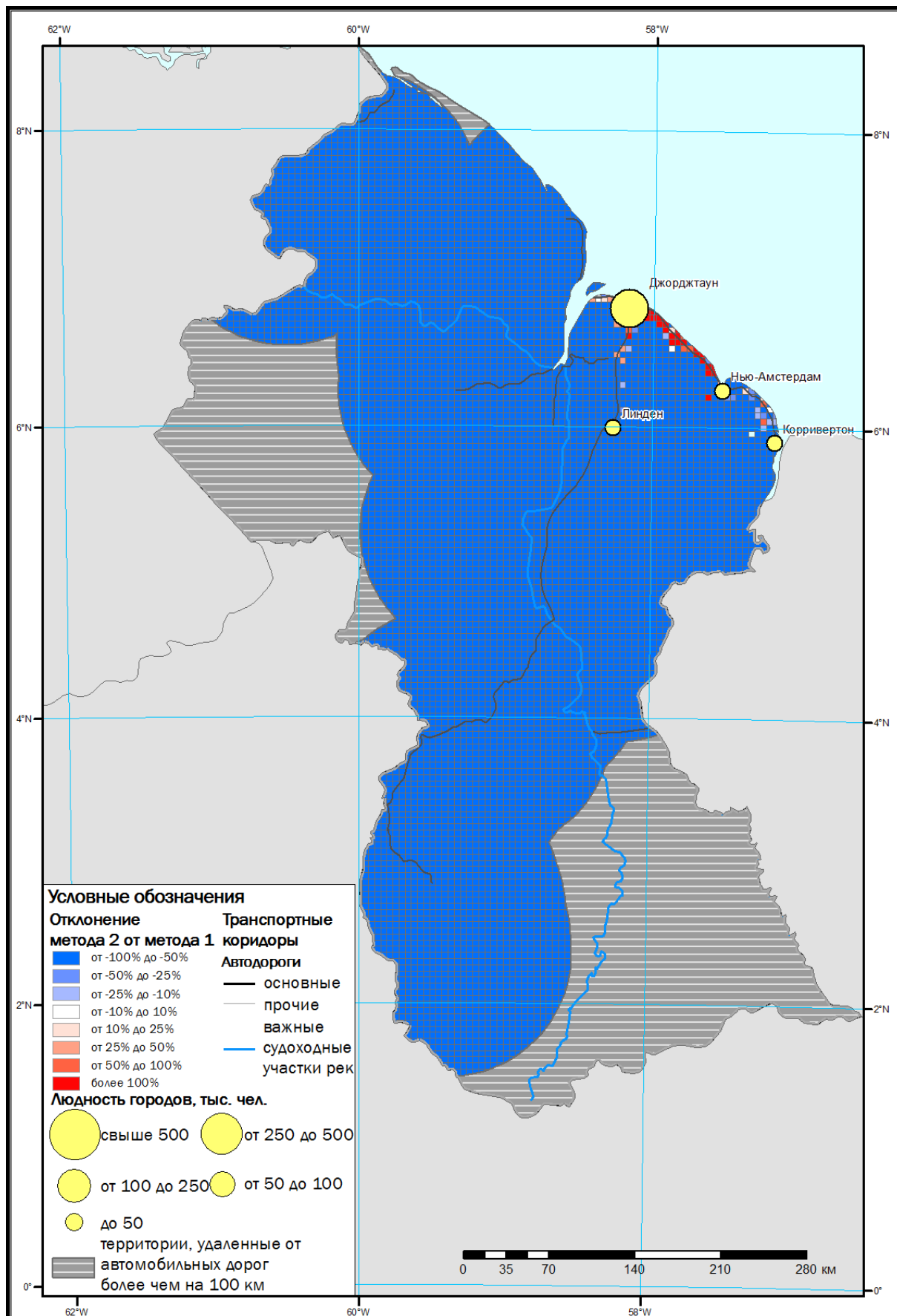


Рис. 117. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Гайаны топологическим методом и методом потенциалов 3. Составлено автором

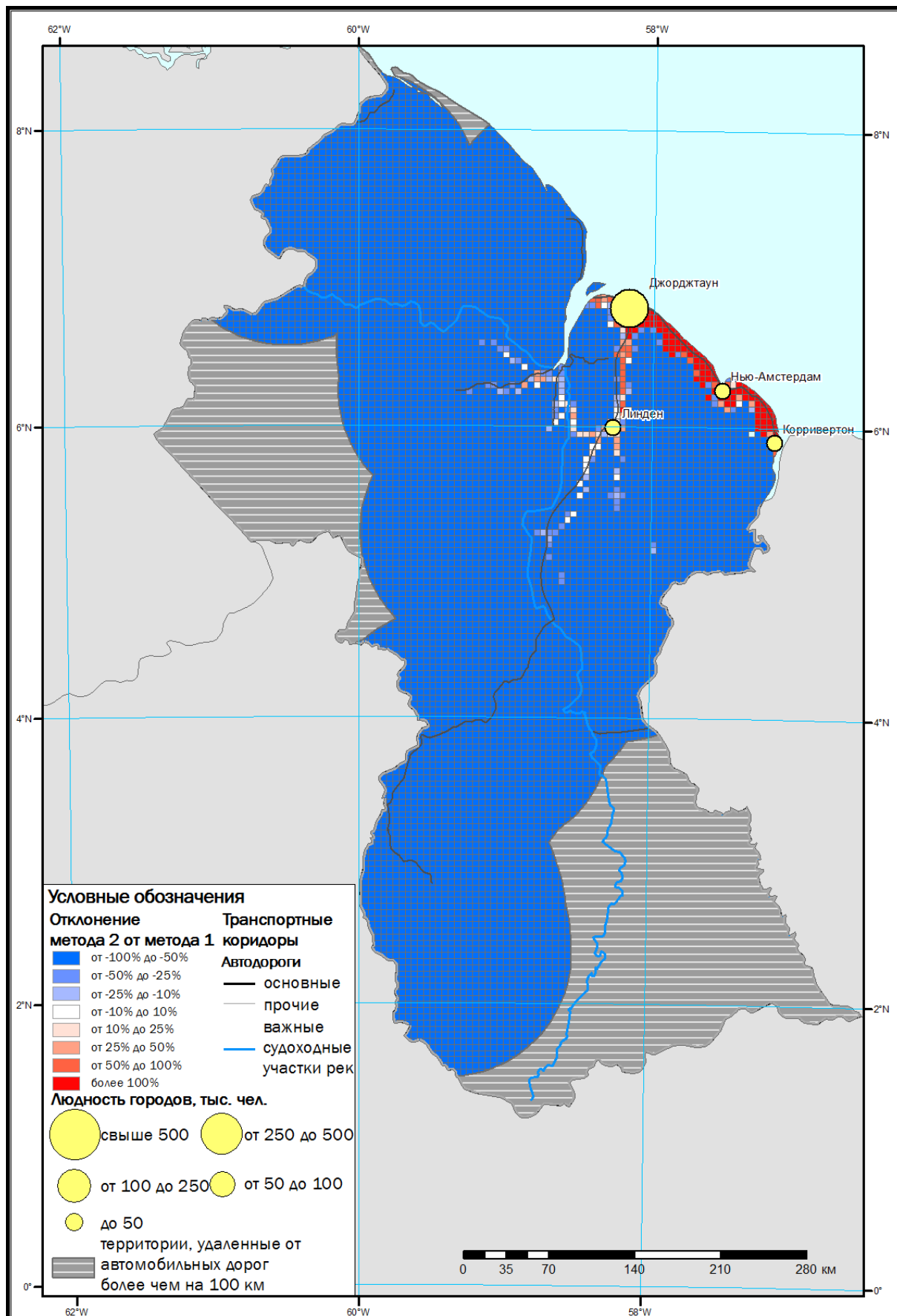


Рис. 118. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Гайаны топологическим методом и методом потенциалов 4. Составлено автором

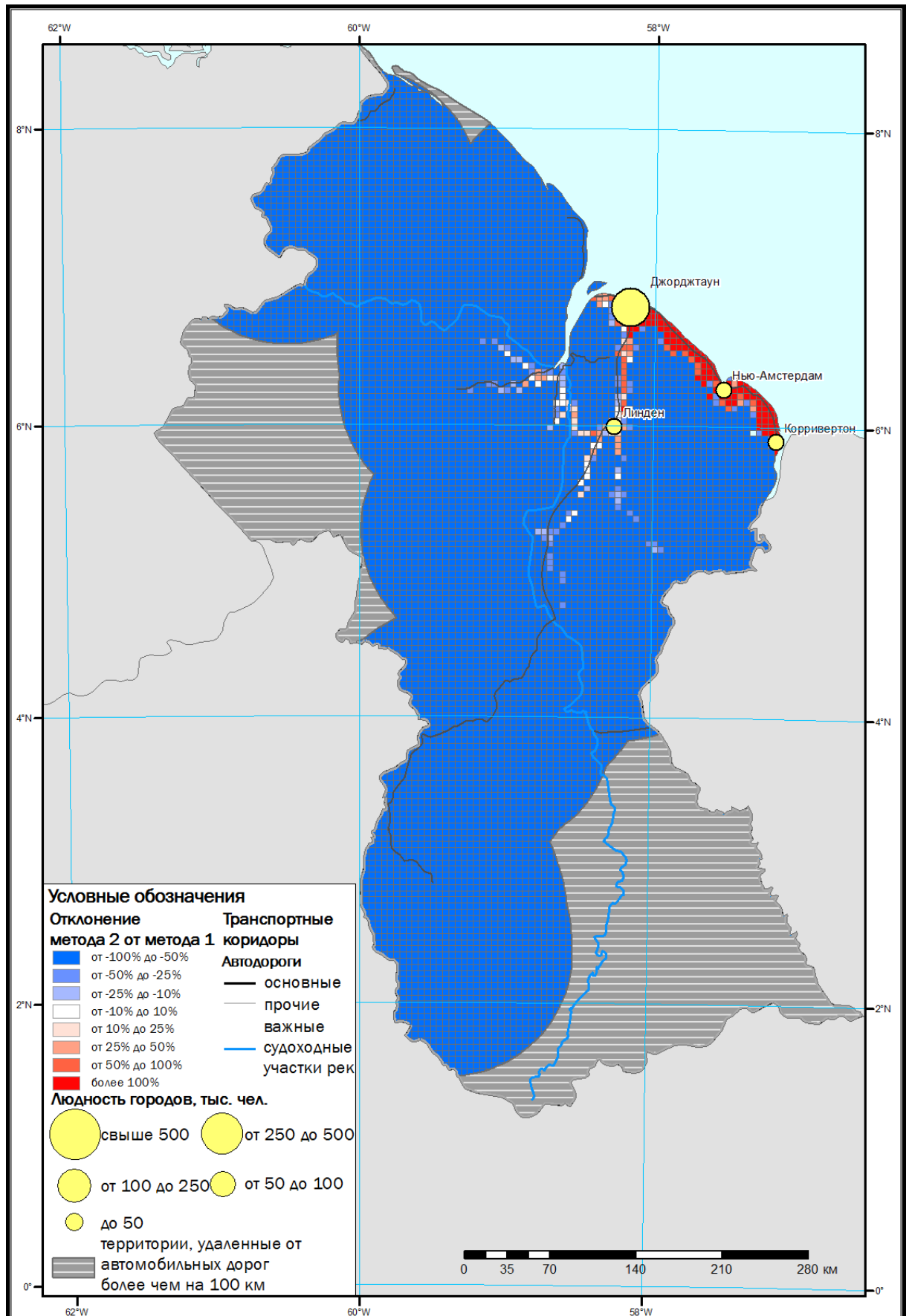


Рис. 119. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Гайаны топологическим методом и методом потенциалов 5. Составлено автором

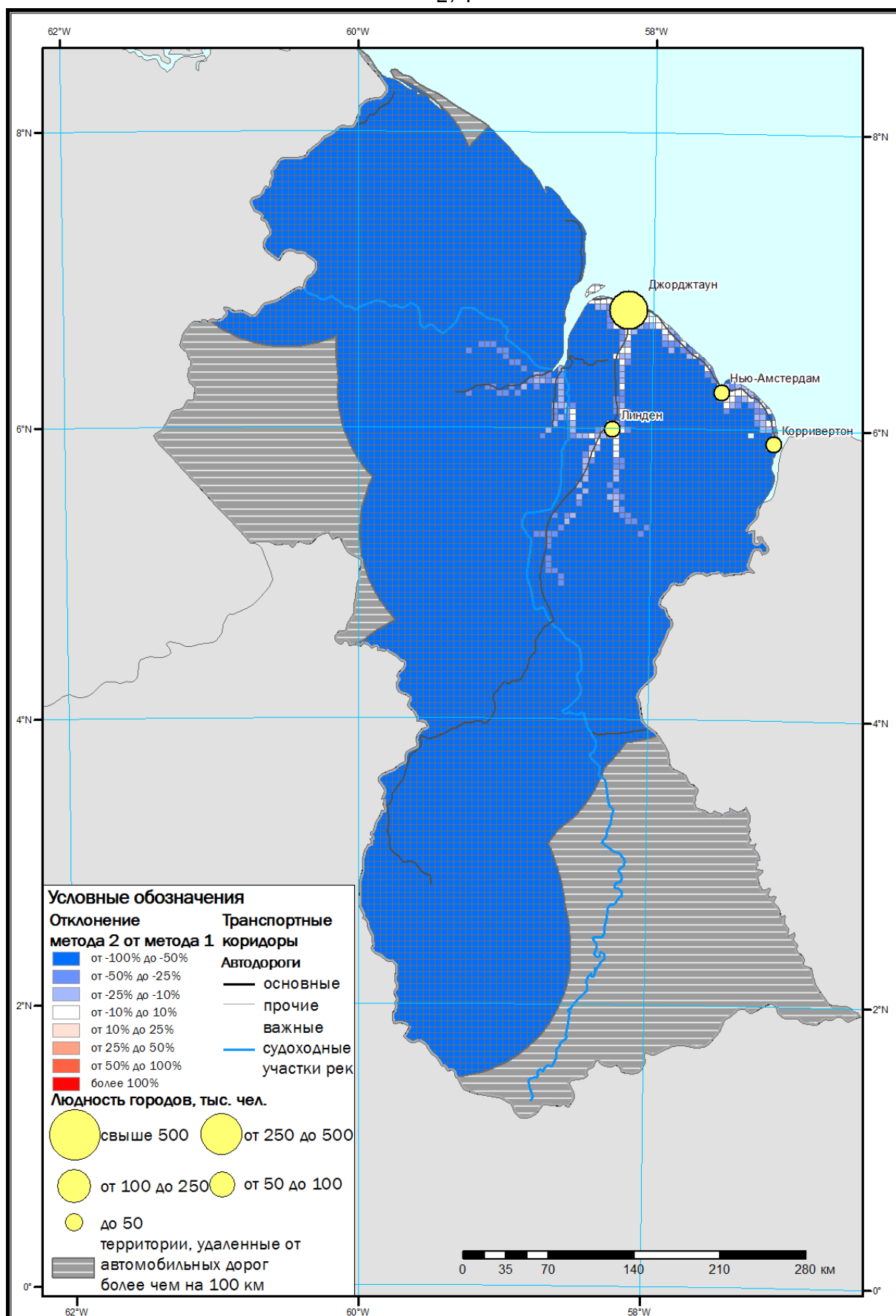


Рис. 120. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Гайаны методом оценки пространственного разграничения и методом изолиний. Составлено автором

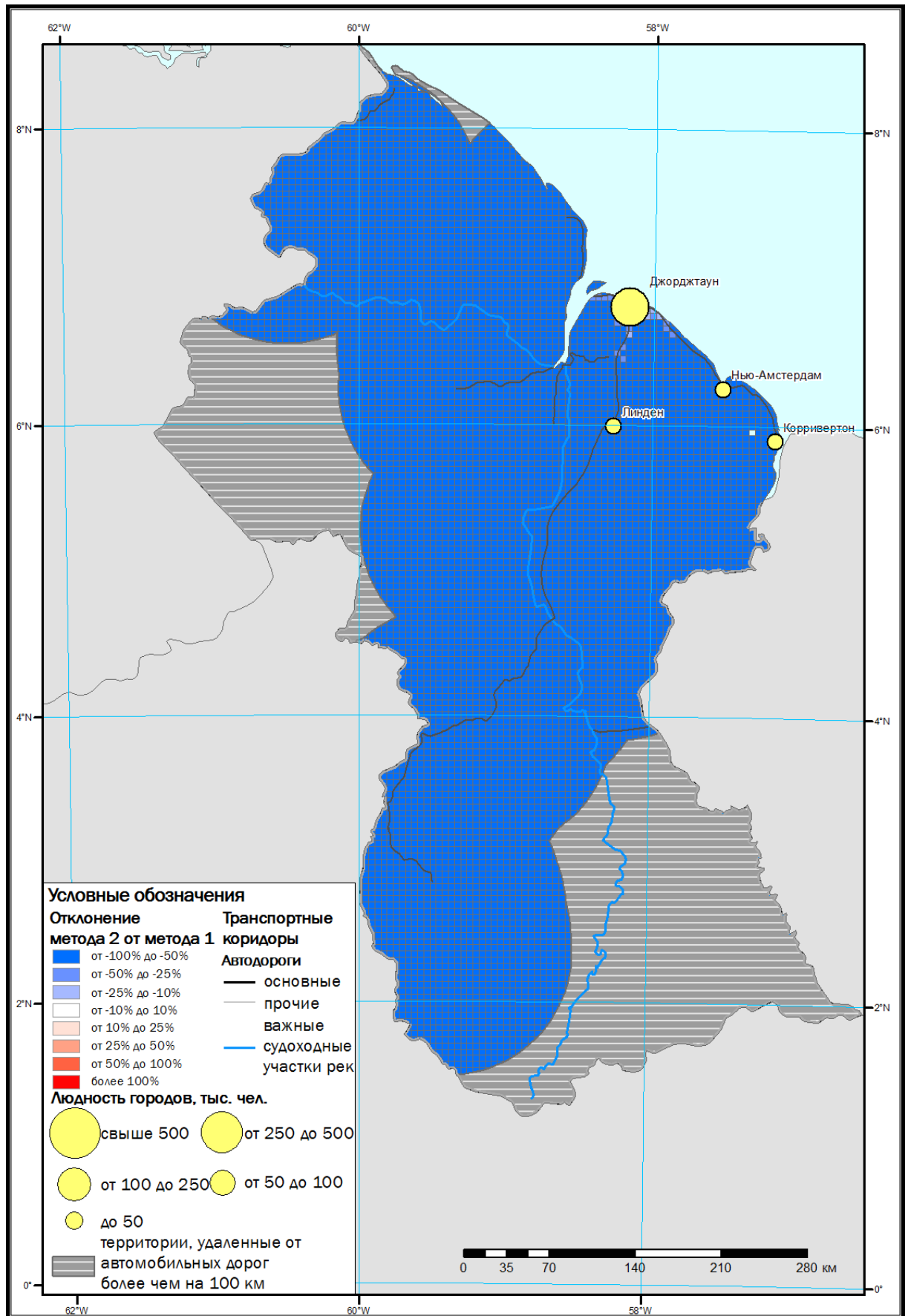


Рис. 121. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Гайаны методом оценки пространственного разграничения и методом потенциалов 1. Составлено автором

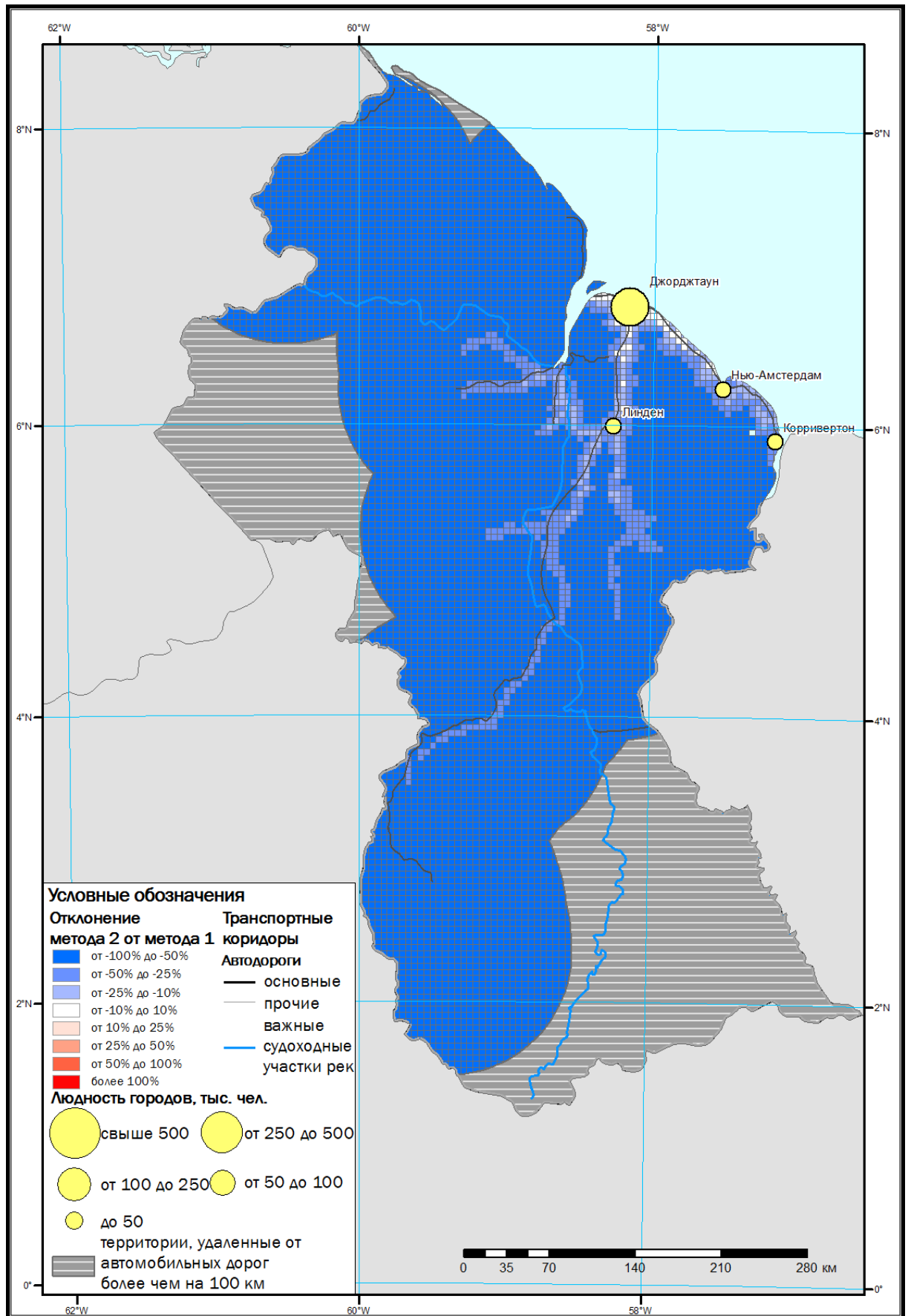


Рис. 122. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Гайаны методом оценки пространственного разграничения и методом потенциалов 2. Составлено автором

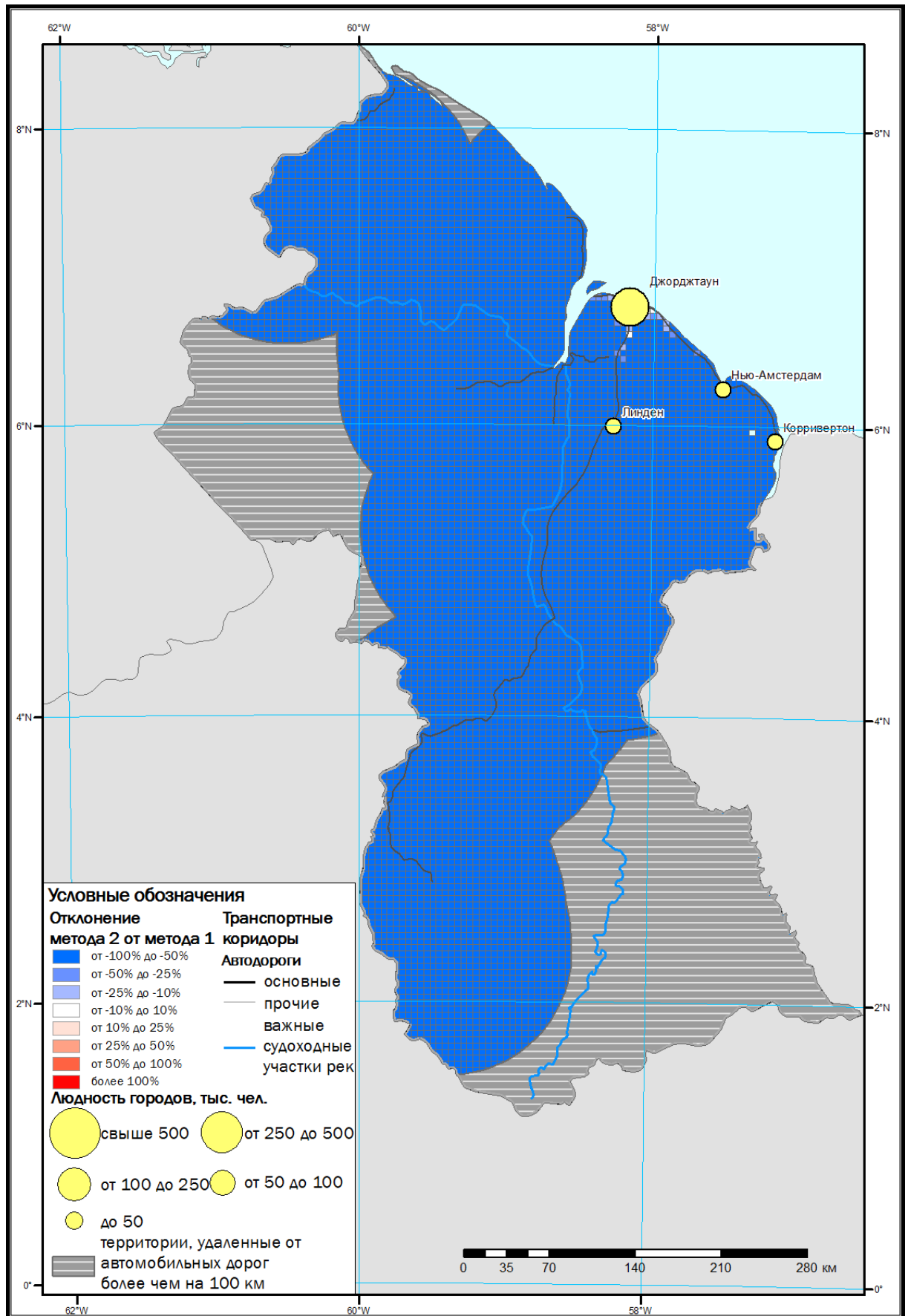


Рис. 123. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Гайаны методом оценки пространственного разграничения и методом потенциалов 3. Составлено автором

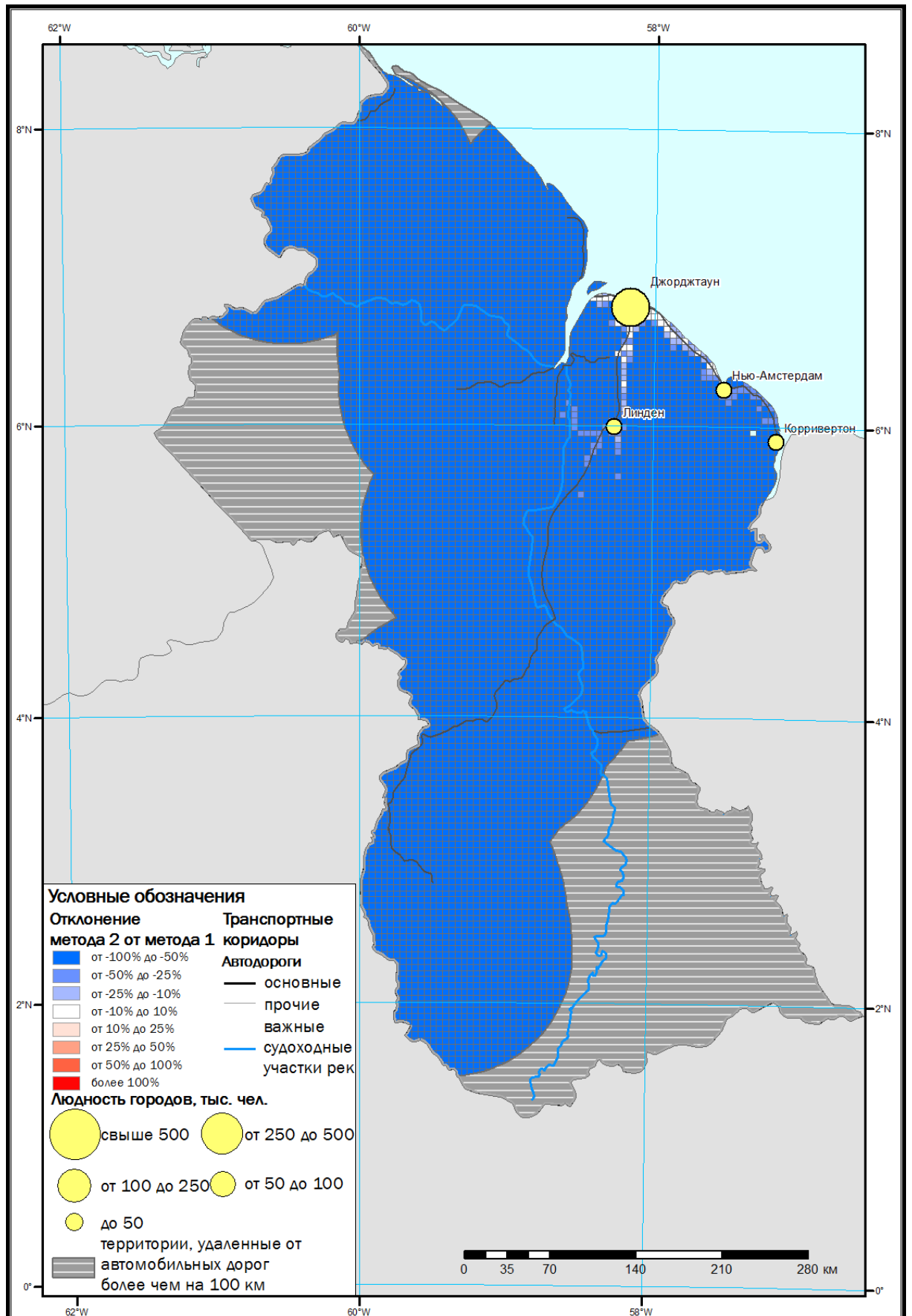


Рис. 124. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Гайаны методом оценки пространственного разграничения и методом потенциалов 4. Составлено автором

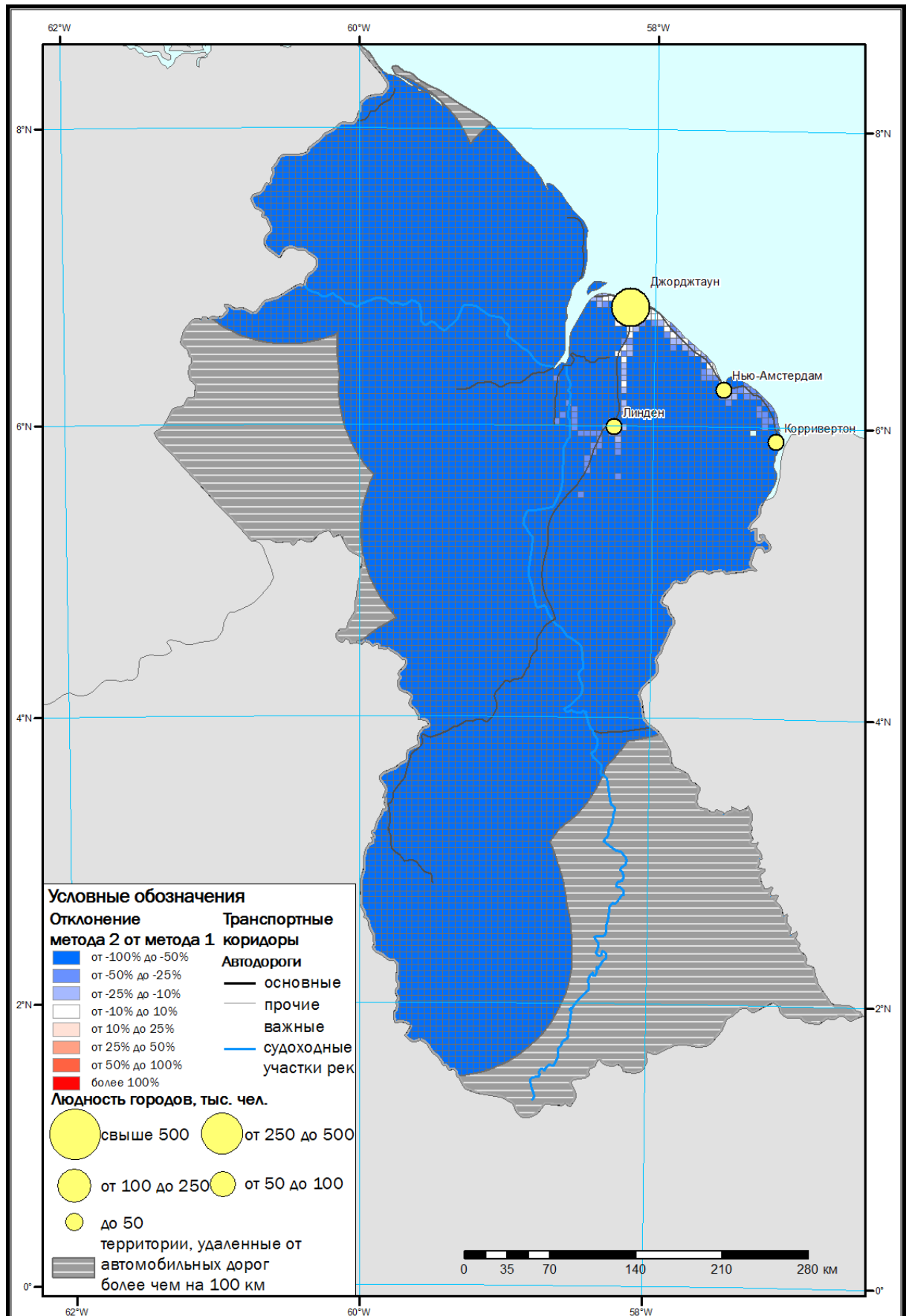


Рис. 125. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Гайаны методом оценки пространственного разграничения и методом потенциалов 5. Составлено автором

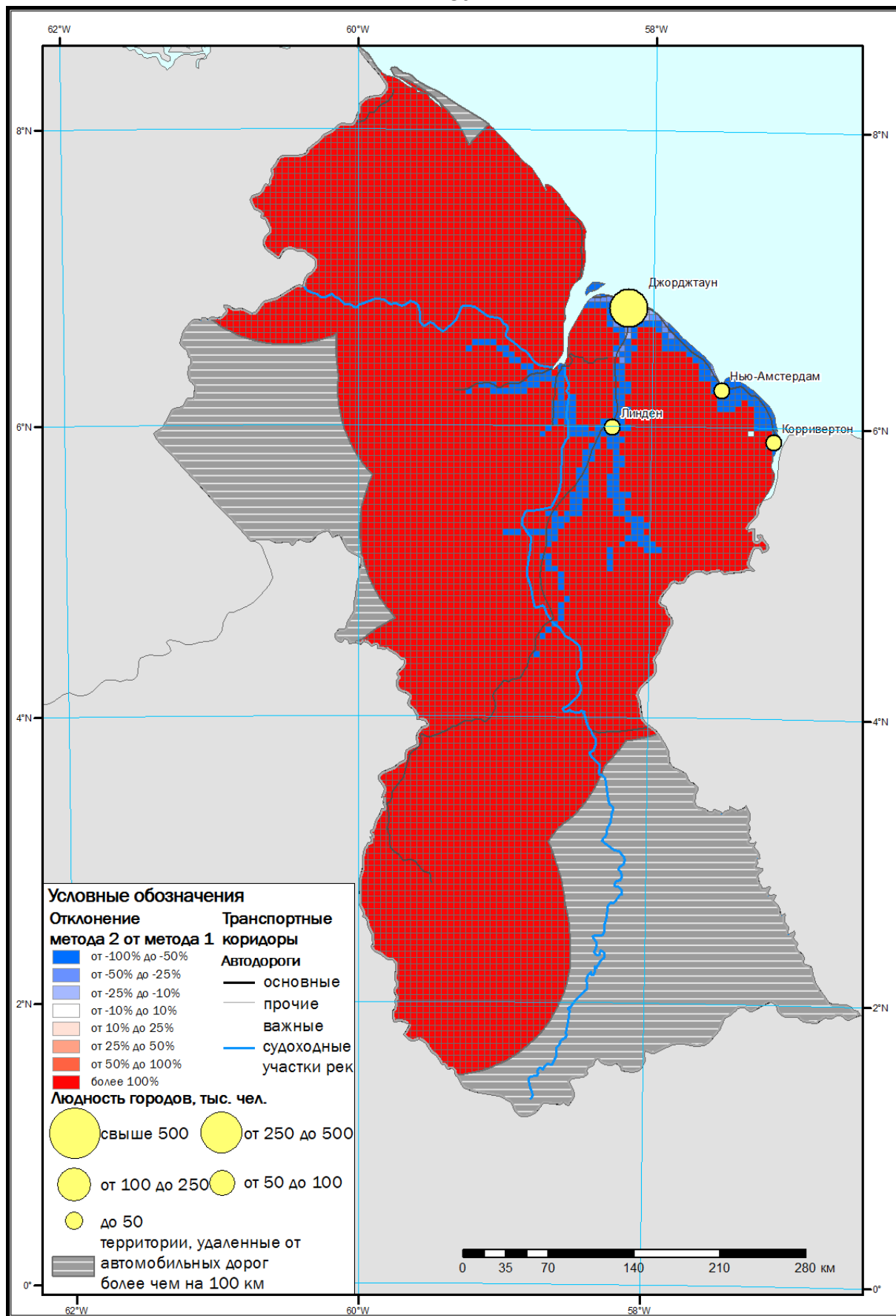


Рис. 126. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Гайаны методом изолиний и методом потенциалов 1. Составлено автором

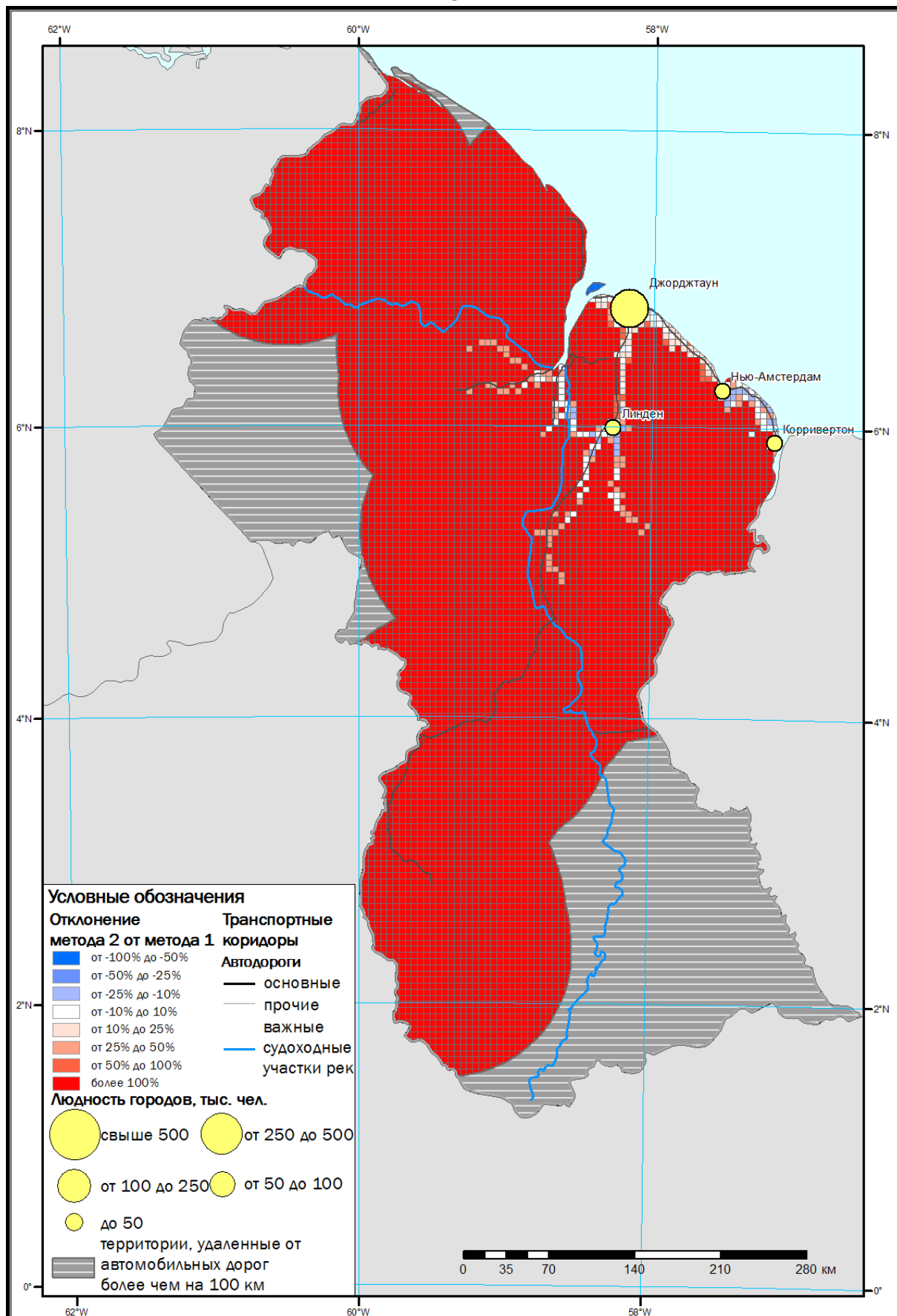


Рис. 127. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Гайаны методом изолиний и методом потенциалов 2. Составлено автором

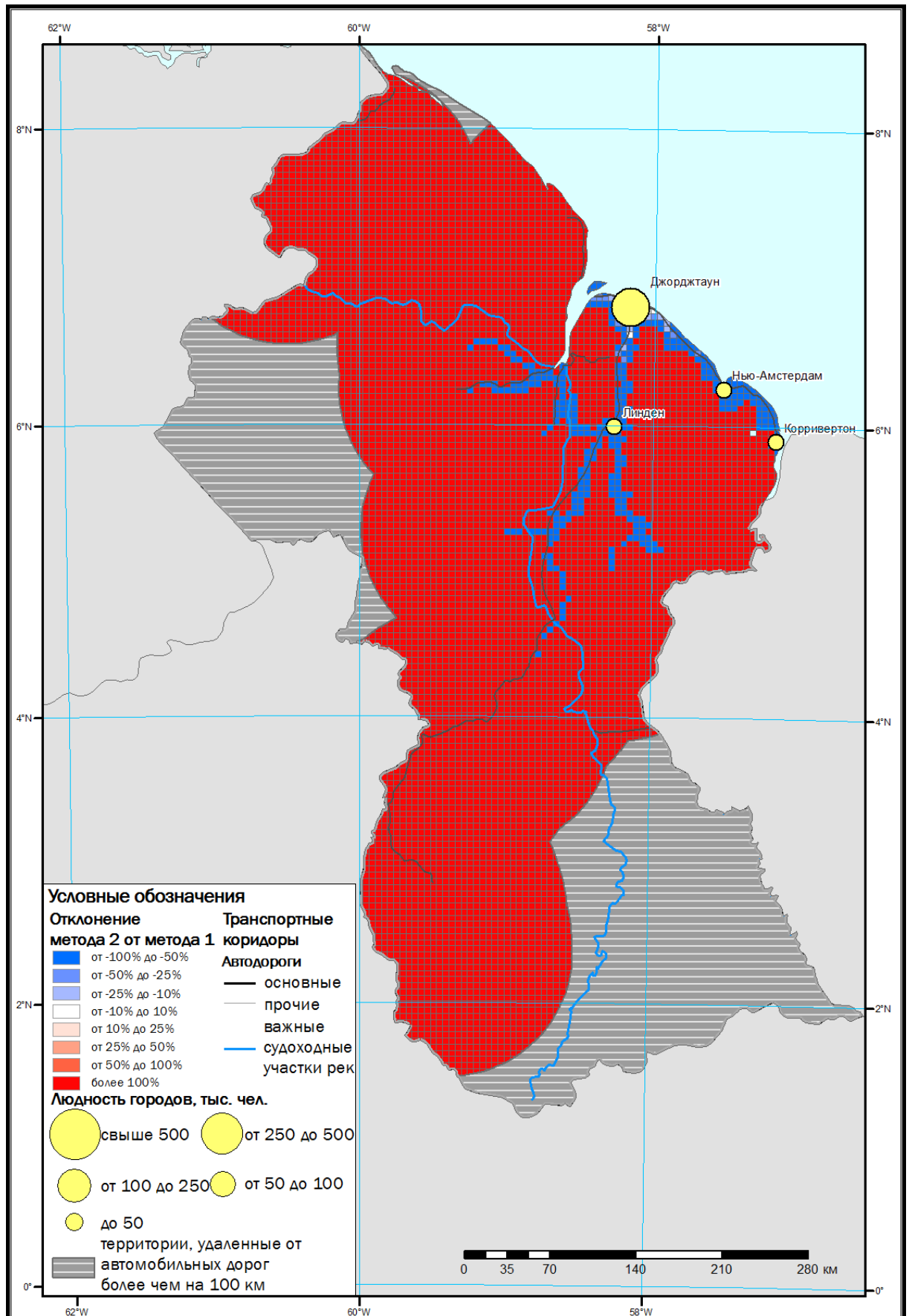


Рис. 128. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Гайаны методом изолиний и методом потенциалов 3. Составлено автором

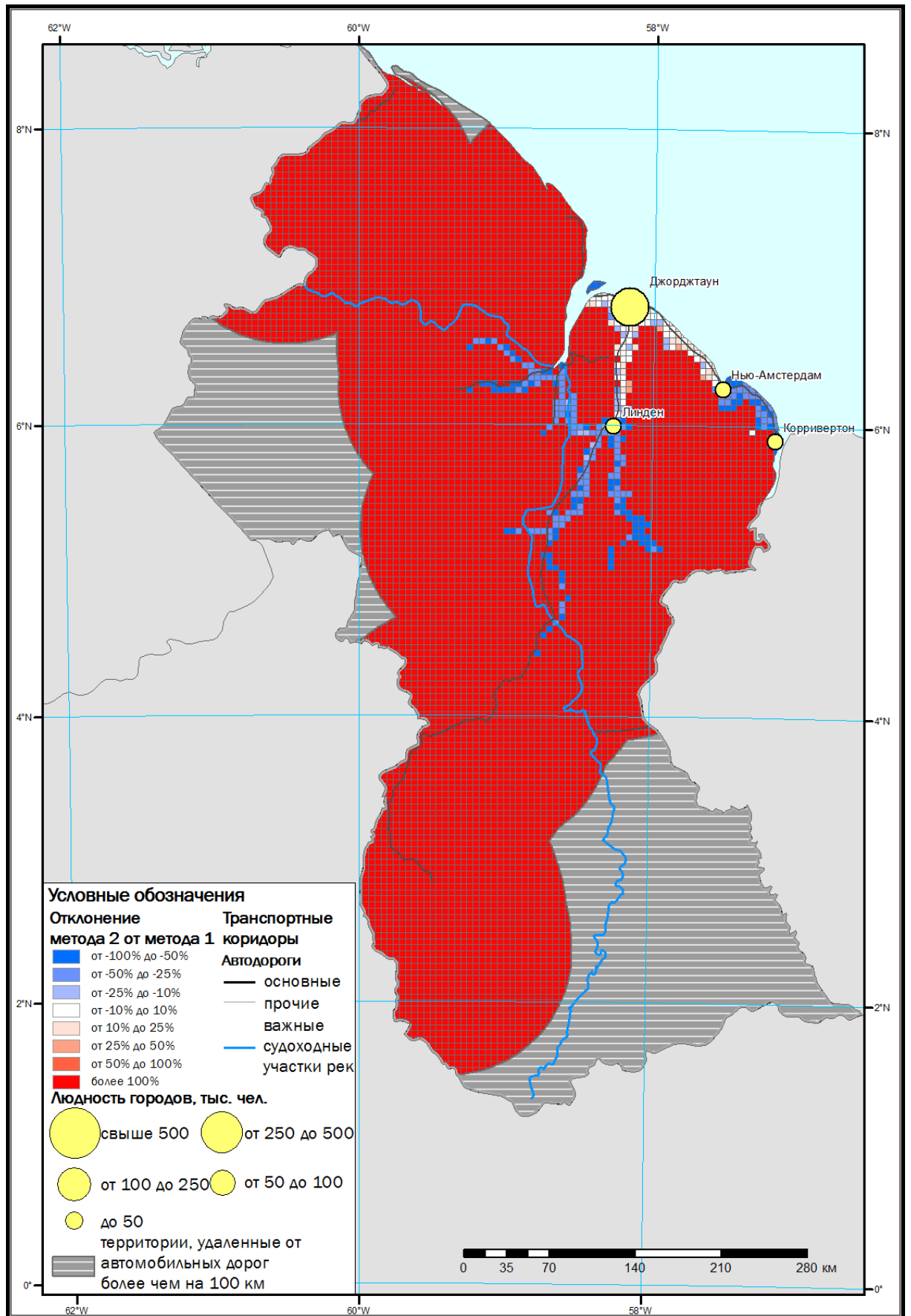


Рис. 129. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Гайаны методом изолиний и методом потенциалов 4. Составлено автором

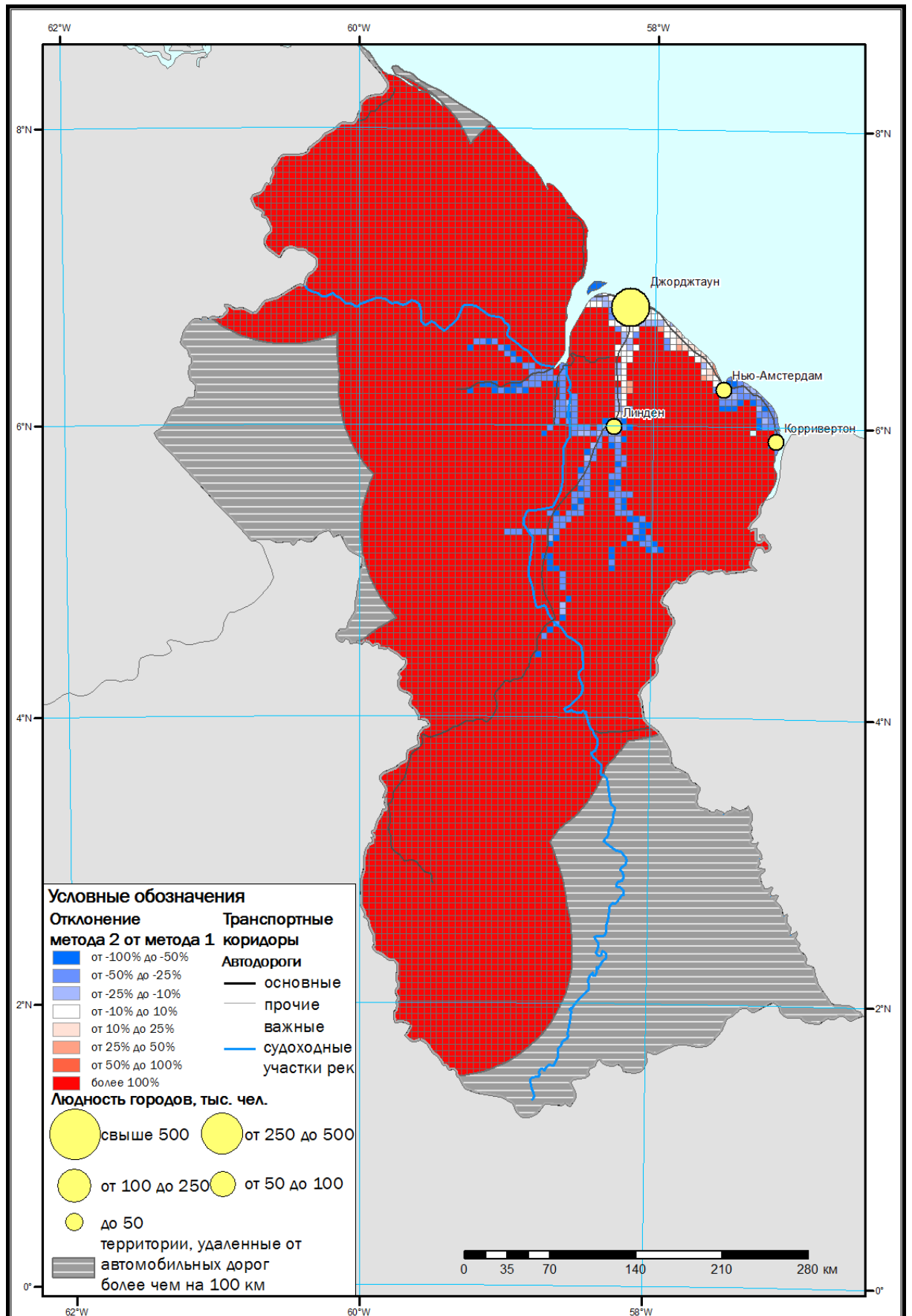


Рис. 130. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Гайаны методом изолиний и методом потенциалов 5. Составлено автором

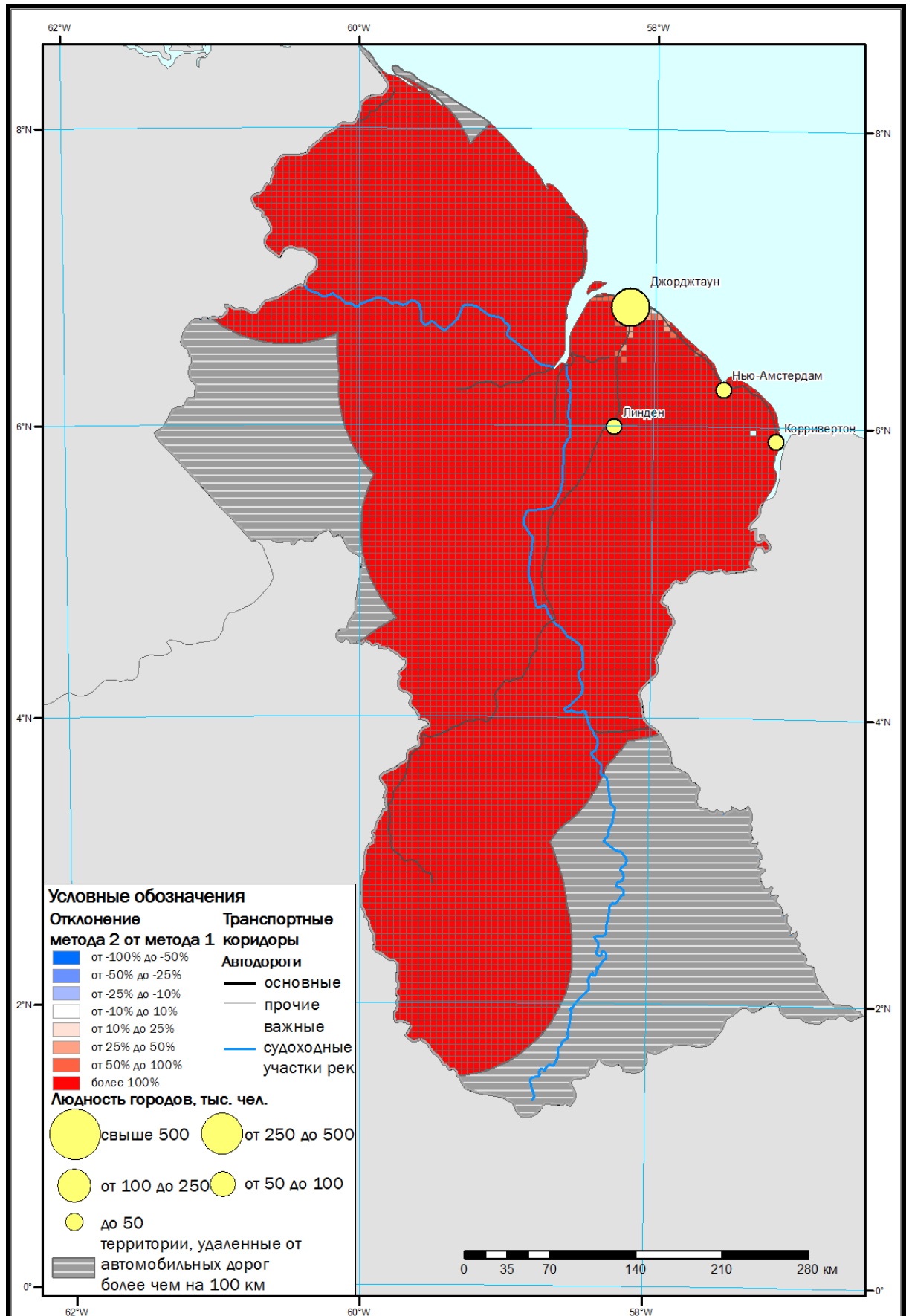


Рис. 131. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Гайаны методом потенциалов 1 и методом потенциалов 2. Составлено автором

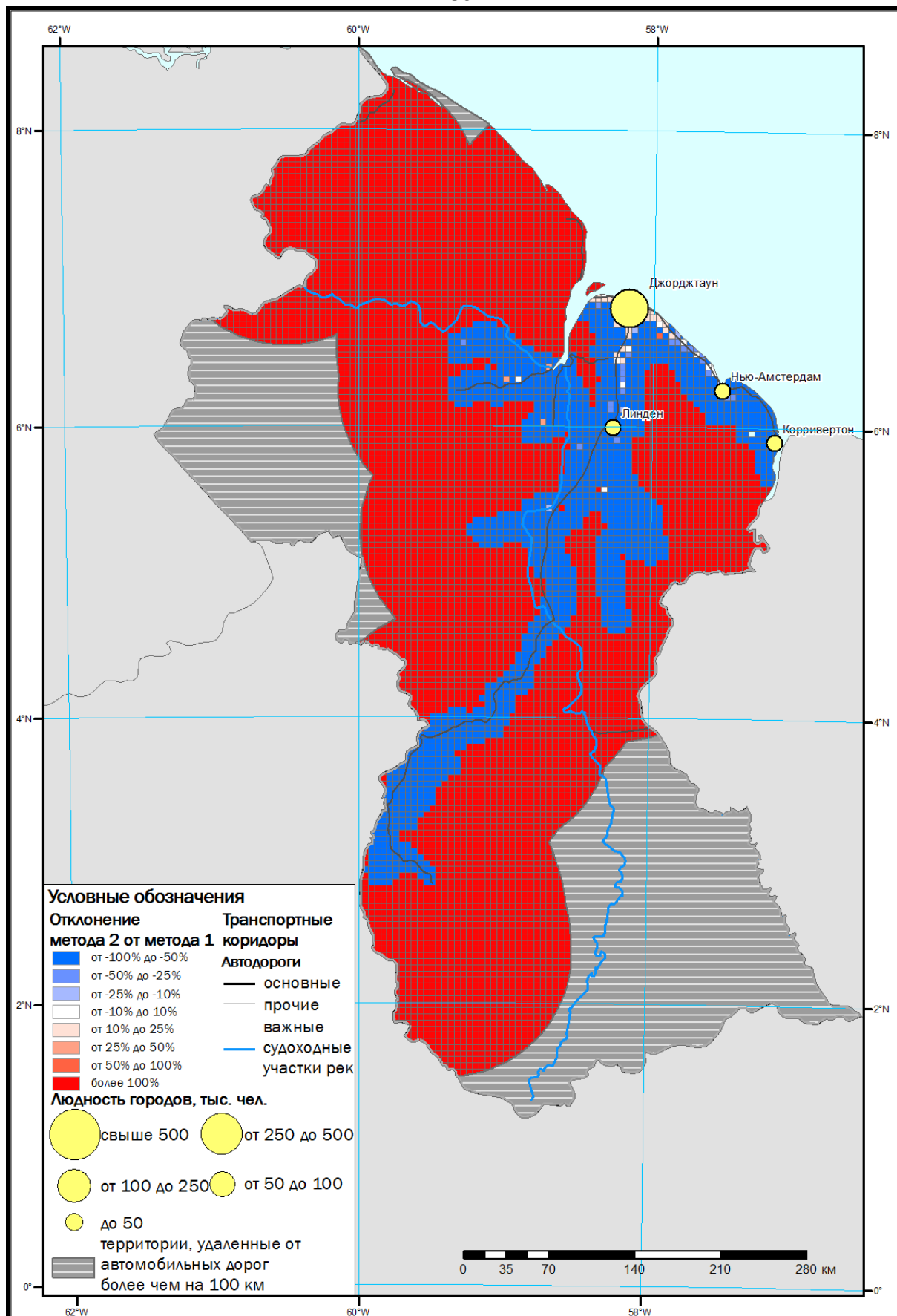


Рис. 132. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Гайаны методом потенциалов 1 и методом потенциалов 3. Составлено автором

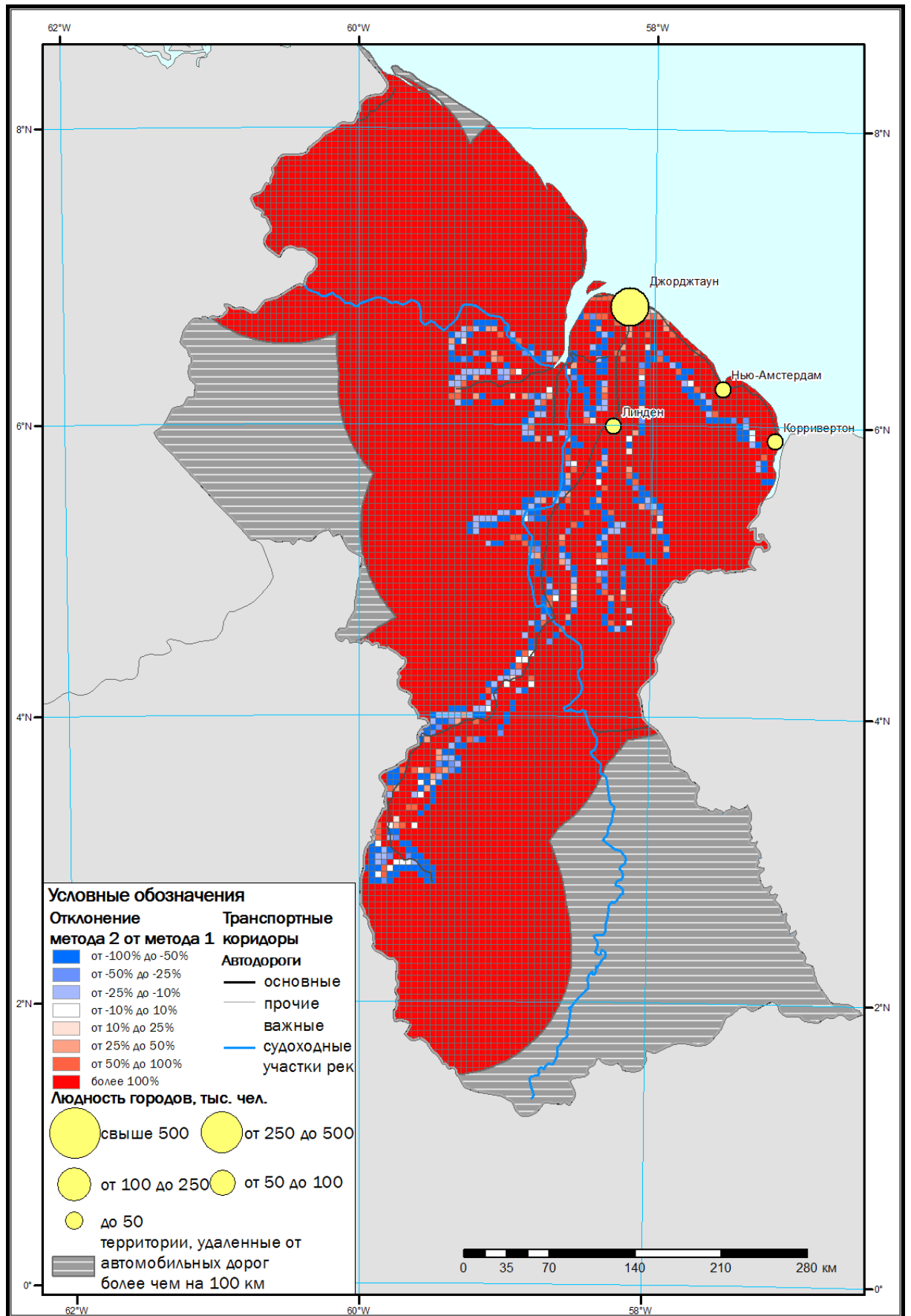


Рис. 133. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Гайаны методом потенциалов 1 и методом потенциалов 4. Составлено автором

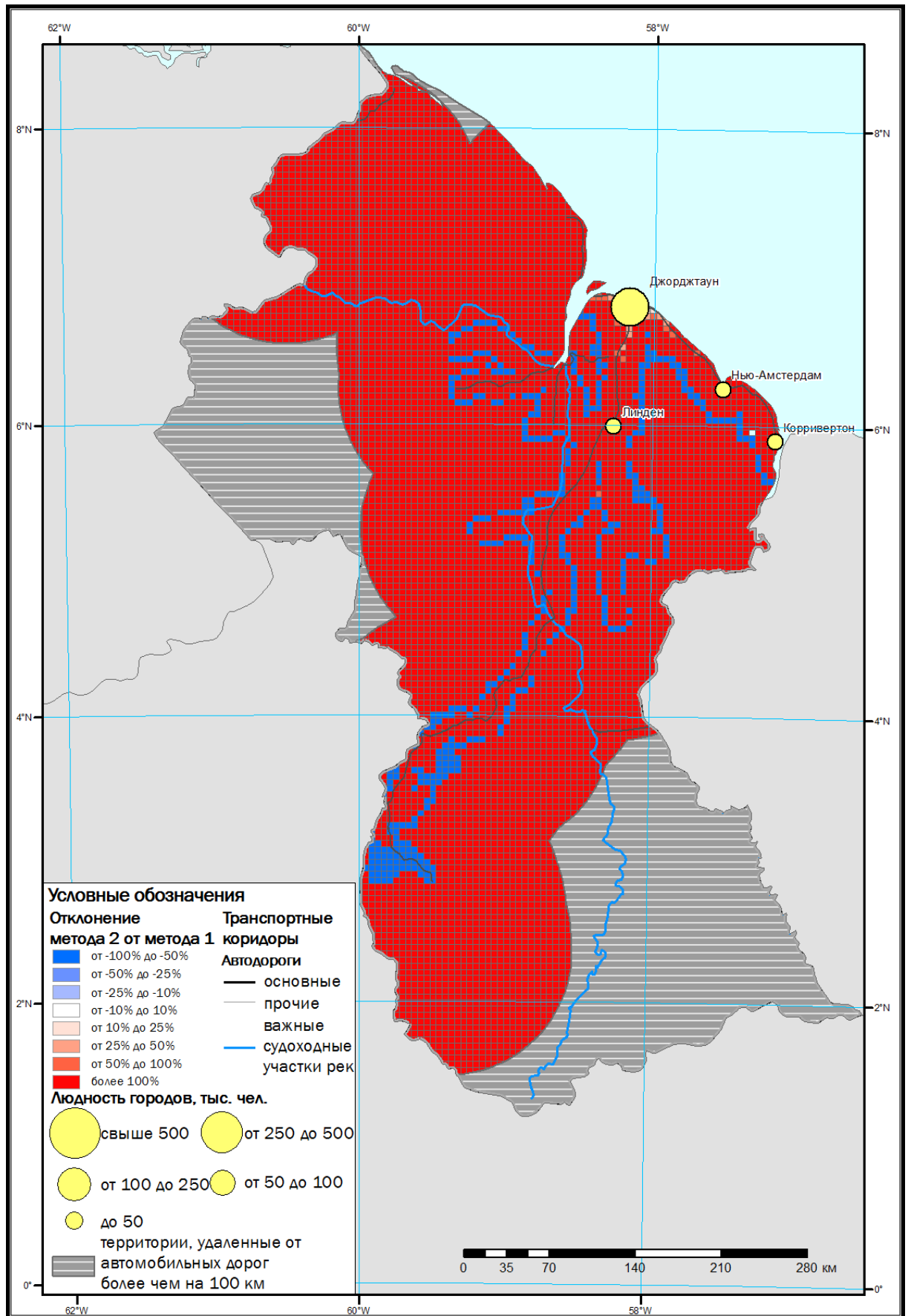


Рис. 134. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Гайаны методом потенциалов 1 и методом потенциалов 5. Составлено автором

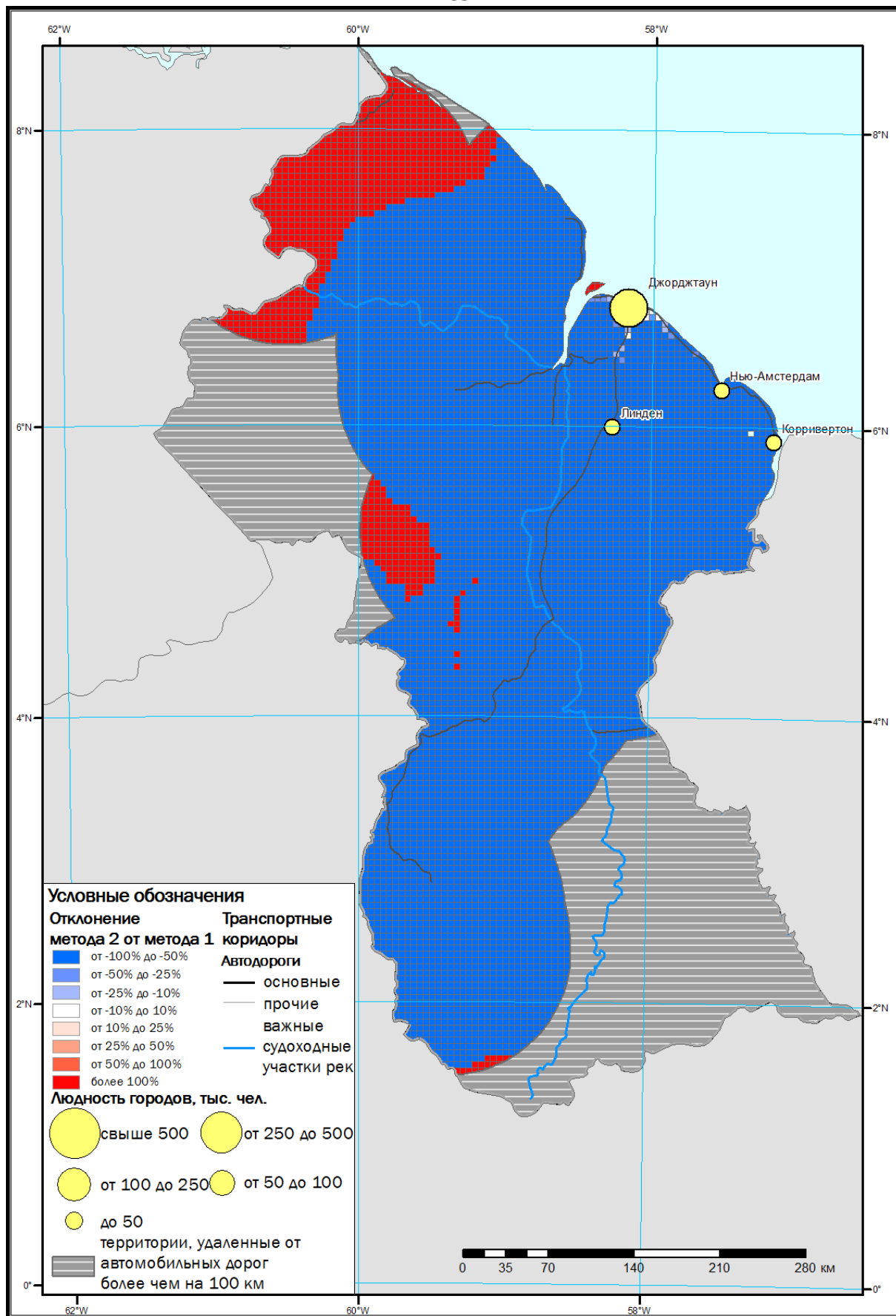


Рис. 135. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Гайаны методом потенциалов 2 и методом потенциалов 3. Составлено автором

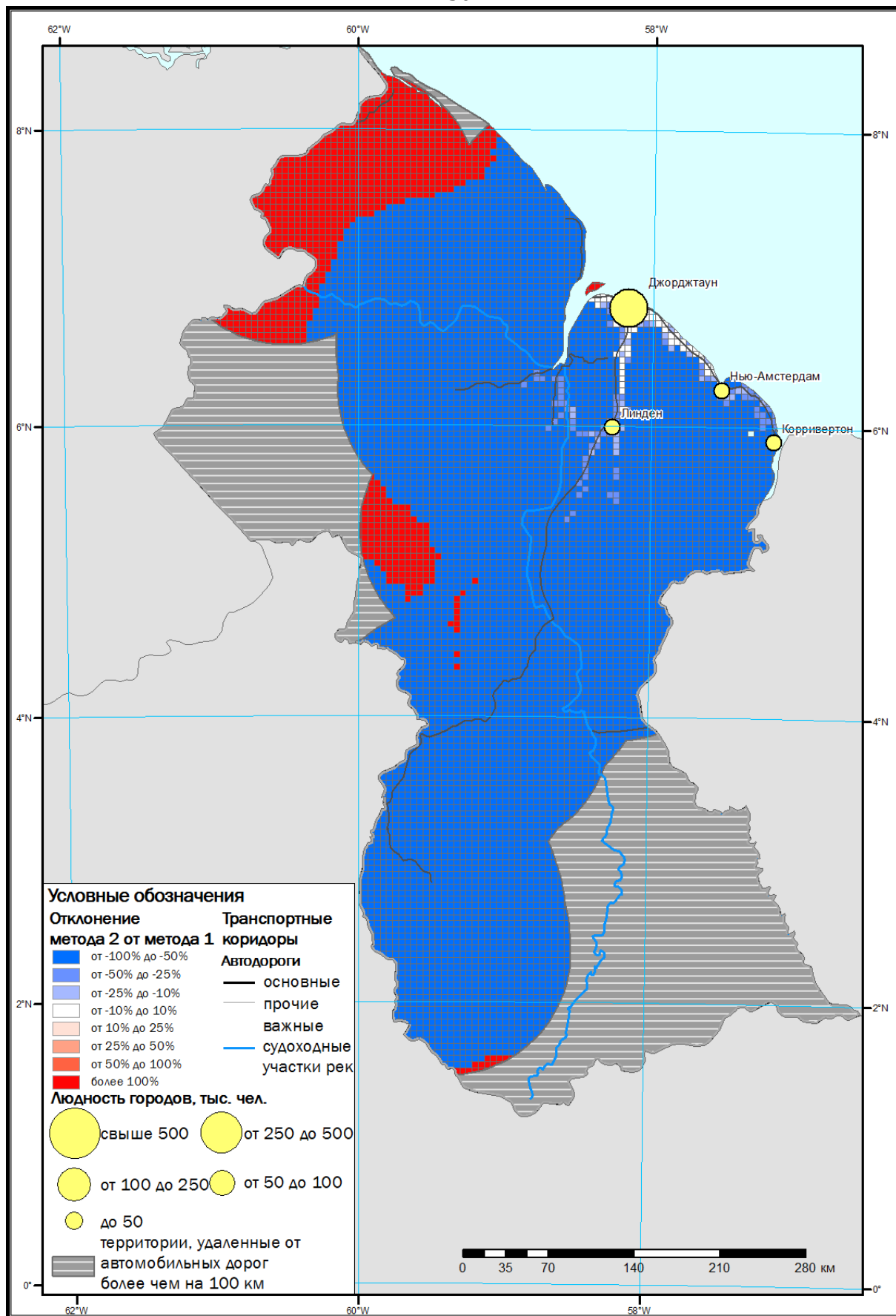


Рис. 136. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Гайаны методом потенциалов 2 и методом потенциалов 4. Составлено автором

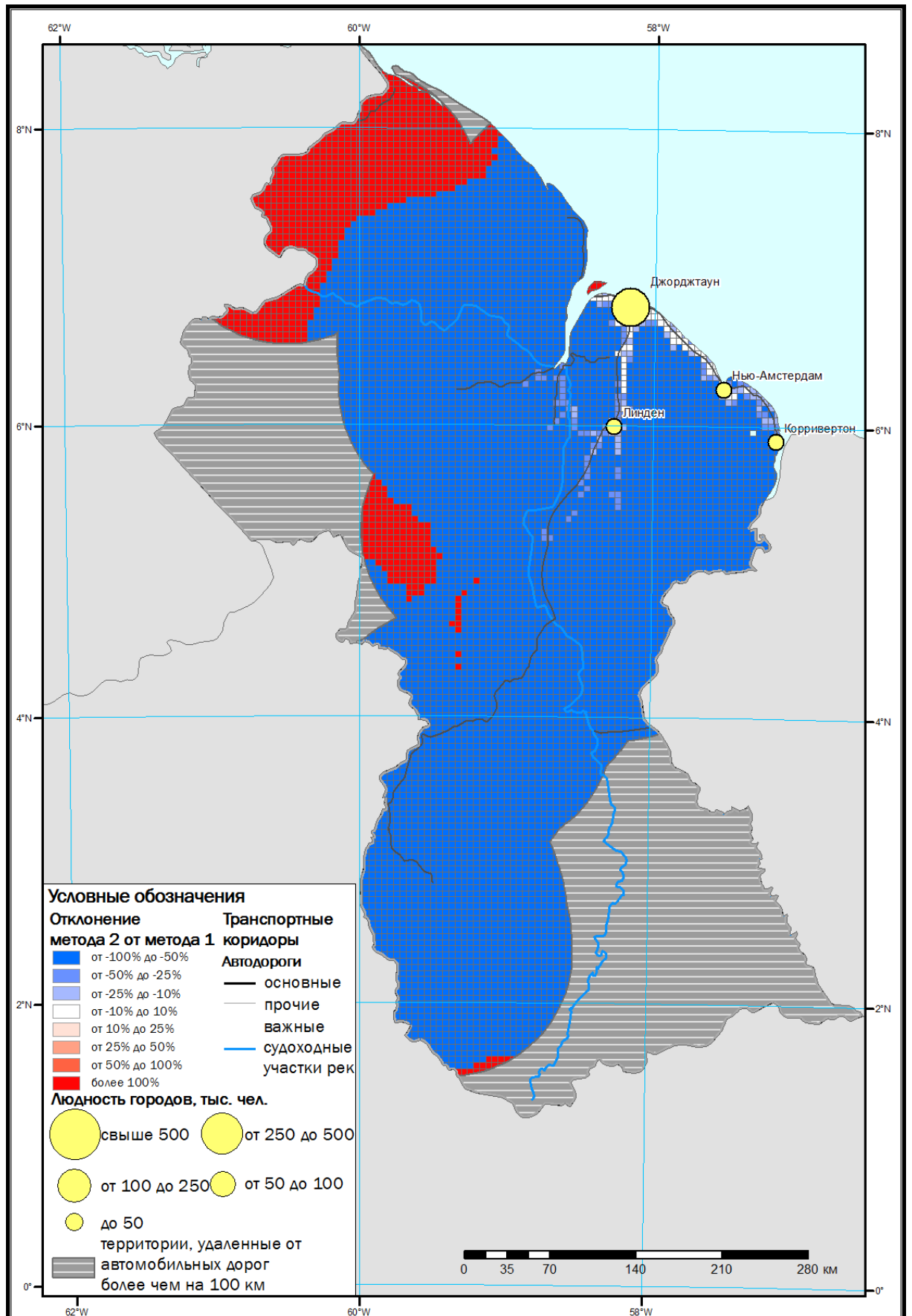


Рис. 137. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Гайаны методом потенциалов 2 и методом потенциалов 5. Составлено автором

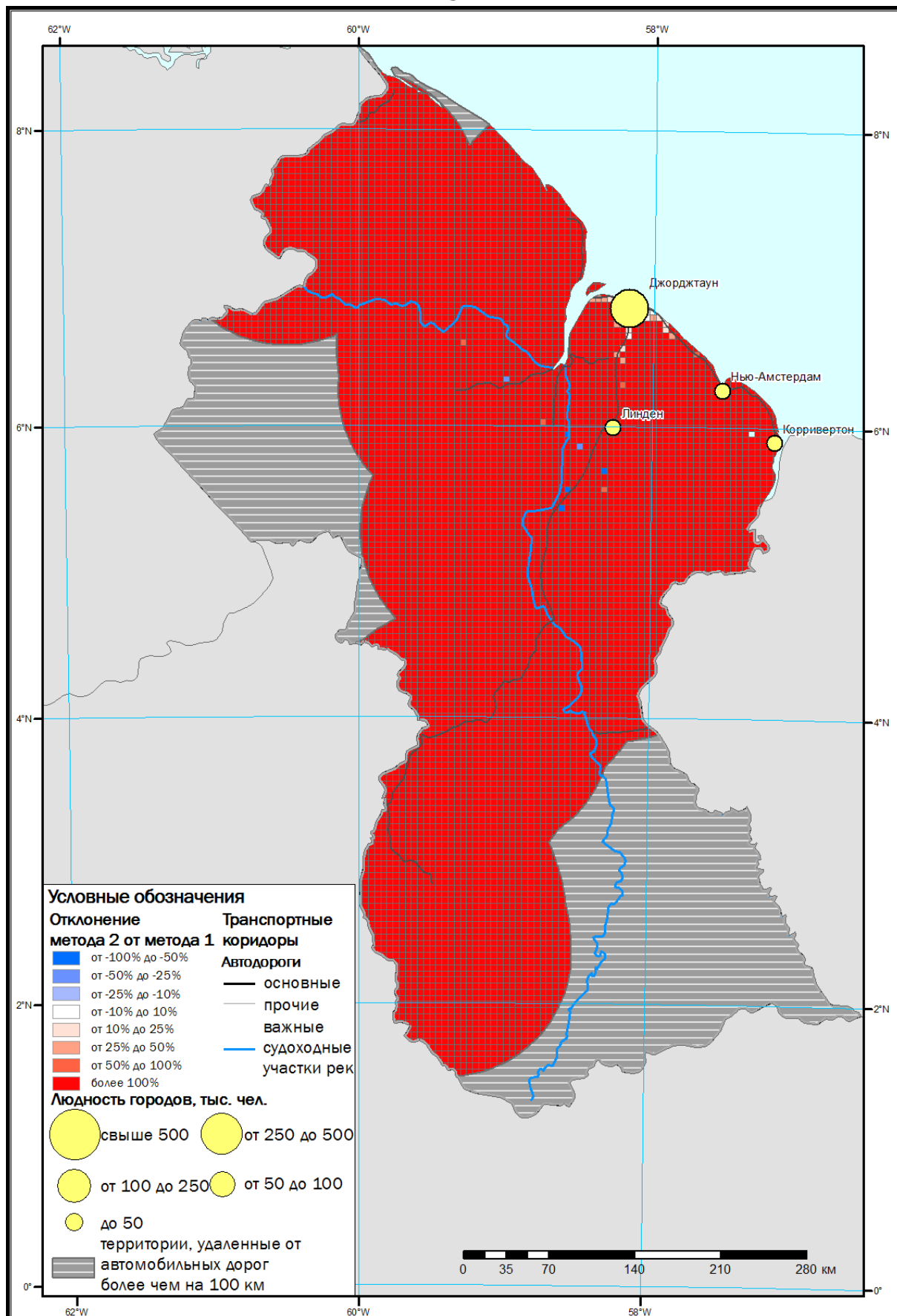


Рис. 138. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Гайаны методом потенциалов 3 и методом потенциалов 4. Составлено автором

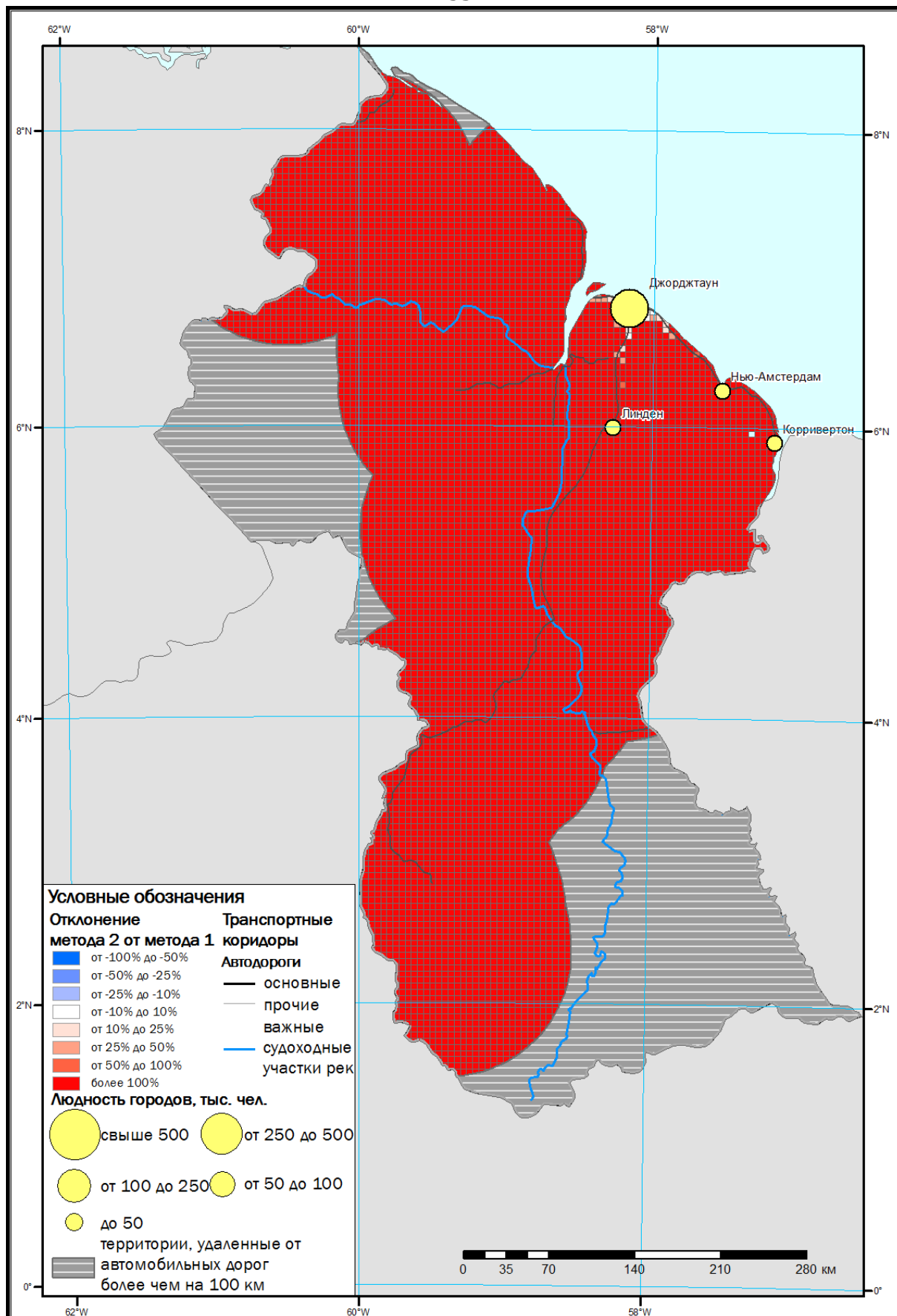


Рис. 139. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Гайаны методом потенциалов 3 и методом потенциалов 5. Составлено автором

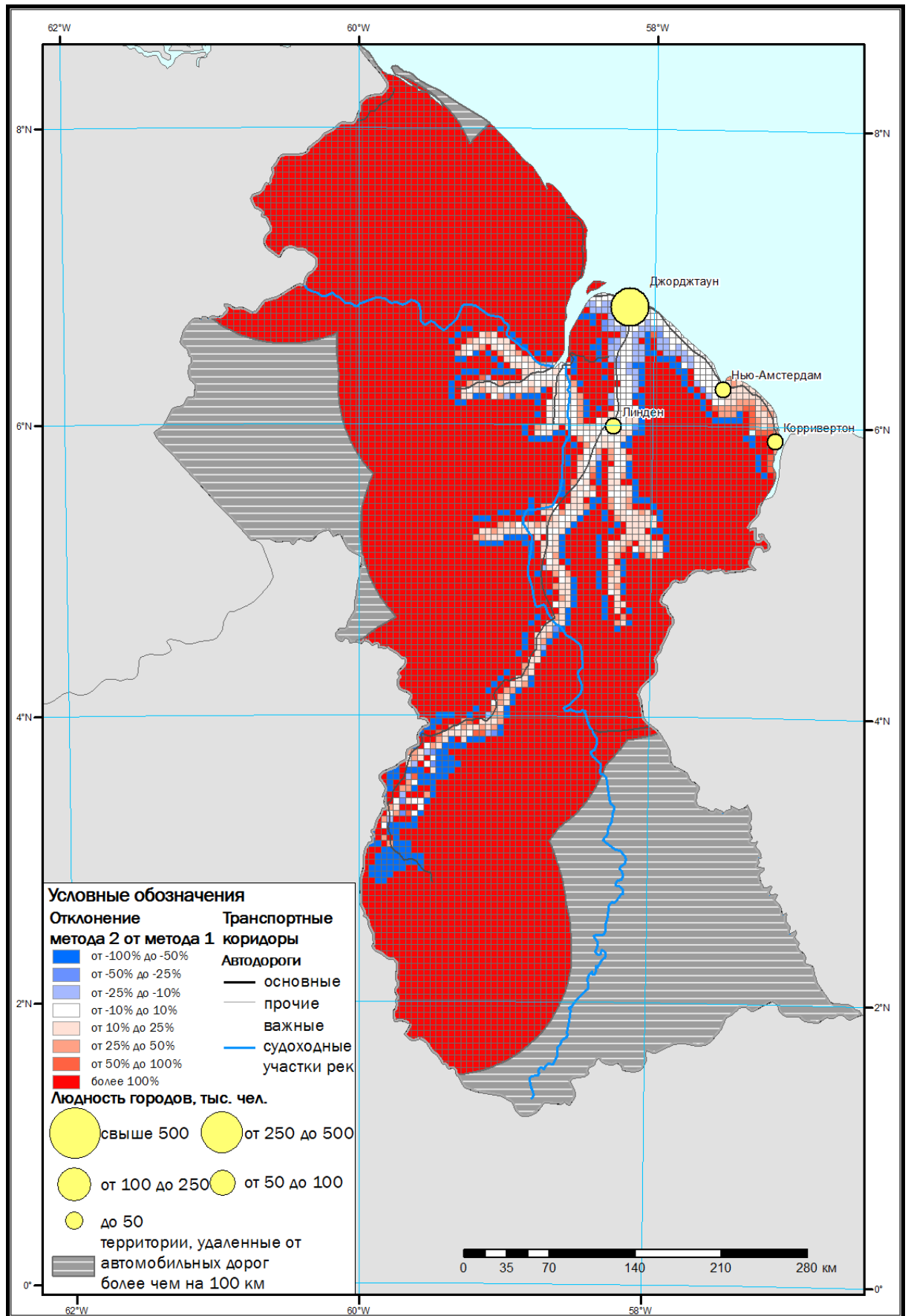


Рис. 140. Сравнение результатов оценки транспортной доступности городов Гайаны методом потенциалов 4 и методом потенциалов 5. Составлено автором