

Влияние легализации марихуаны в США на смертность от передозировок наркотическими веществами

Барамия Никита¹, **Кагинян Маргарита**², Комарова Анна³,
Корнилов Валерий⁴, Макеева Наталья⁵

^{1,2,3,4,5} ЭФ МГУ, э301

²Email: ritusykk@yandex.ru

Содержание

Введение	1
Обзор литературы	3
Данные	5
Описание переменных	5
Предварительный анализ	7
Модели и результаты	8
Смертность, вызванная передозировкой наркотическими веществами	9
Смертность, вызванная передозировкой опиоидов	10
Метод разность разностей	11
Выводы	14
Приложение	16

Введение

За период наблюдений с 1999 года по нынешний момент в США наблюдается непрерывный рост числа передозировок наркотиками с летальными исходами, в том числе увеличивается и доля смертей от наркотиков опиоидной группы. Данное событие получило название опиоидного кризиса, с которым власти стали пытаться бороться, начиная

с 2011 года. В 2018 году доля смертей от опиоидов составила 70,5% смертей в целом по США. По мере того, как опиоиды применяются в медицинских целях, в различных штатах легализуют потребление марихуаны в медицинских MML¹ и рекреационных RML² целях. Оба типа наркотических веществ способны вызывать привыкание.

Опиоиды являются классом веществ, используемых для облегчения боли. Существуют как часто используемые в лечении опиоиды (оксикодон, гидрокодон, морфин и метадон), так и запрещенные в любых целях опиоиды, опасные для жизни – героин. Также выделяют синтетический опиоид фентанил, используемый для облегчения боли при раковых заболеваниях, он имеет более сильное воздействие, нежели другие выписываемые обезболивающие³.

Конопля (марихуана) считается «легким наркотиком», оказывающим влияние на психику. Несмотря на MML, научно не доказано, что наркотик обладает лечебными свойствами, и не признается в США лечебным препаратом. Среди последствий употребления марихуаны выделяют ухудшение памяти и когнитивных способностей, негативное влияние на беременность, вред, наносимый легким. Смертельная передозировка марихуаной намного менее вероятна, чем передозировка опиоидами, но результатом употребления марихуаны могут стать несчастные случаи автомобильных аварий, непреднамеренных убийств, отравлений в случае употребления с алкоголем или другими веществами, возникновение и развитие депрессии⁴.

Среди источников кризиса на рынке наркотических веществ исследуются причины как со стороны спроса: изменение социокультурных и экономических условий, вызвавших рост «смертельных случаев отчаяния» (суицидов, различных передозировок) [Case and Deaton \(2017\)](#), так и со стороны предложения: врачи стали применять более сильные препараты для подавления боли, в частности лекарства, в основе которых лежат опиоиды, изменение возможностей распространения, рекламные кампании обезболивающих лекарств [Alpert et al. \(2019\)](#).

В нашей работе мы отвечаем на вопрос оказывает ли влияние легализация марихуаны в различных целях в США на смертность от передозировок. Для ответа на данный вопрос мы выдвинули 2 гипотезы:

- В результате легализации марихуана выступает субститутутом более тяжелых наркотических веществ, передозировка которых может быть смертельной, поэтому выдвигается гипотеза о снижении смертности от наркотических веществ при легализации марихуаны на уровне штата;
- Легализованная марихуана выступает в качестве более доступного альтернативного обезболивающего, поэтому смертность от передозировок опиоидами должна негативно зависеть от наличия различного уровня легализации на уровне штата.

¹Medical marijuana laws

²Recreational marijuana laws

³[CDC](#)

⁴[CDC](#)

Обзор литературы

Вопрос легализации наркотиков уже несколько лет остается дискуссионным. С одной стороны, регулярное потребление психоактивных веществ приводит к повреждению человеческого организма, с другой, легализация наркотиков может способствовать их широкому применению в медицине (в качестве обезболивающих при тяжелых заболеваниях), получению государством дополнительного дохода от налоговых поступлений, сокращению уровня преступности, аварий и т.д., что было показано в следующих работах.

Один из первых подходов к моделированию последствий легализации наркотиков был предложен авторами статьи [Jacobi and Sovinsky \(2016\)](#). Модель исследователей опирается на данные обследования домашних хозяйств австралийским центром борьбы с наркотиками и данных исследований 20000 различных индивидов из каждого региона Австралии, проводимых в 2001, 2004 и 2007 годах. Авторы используют два эконометрических подхода: с помощью обычной пробит модели оценивается влияние декриминализации наркотиков на потребление марихуаны в регионах Австралии; с помощью bivariate probit model with selection оценивается влияние декриминализации на потребление марихуаны с учетом различий в доступности психоактивных веществ индивидам из разных регионов. В результате моделирования исследователи пришли к выводу, что при отсутствии проблем доступности наркотиков легализация вызывает увеличение их потребления в Австралии почти на 50%, изменив цены на рынке, что будет способствовать эффективности введения налога в размере 25% на продажу данного товара. Авторы также наблюдают положительное влияние введения закона на употребление алкоголя, отмечают, что в среднем увеличением возраста и образованности потребление наркотиков уменьшается при том, что люди с образованием и уровнем дохода выше среднего имеют более широкий доступ к покупке марихуаны, чем другие группы населения.

Многие исследователи отмечают, что частичная легализация наркотиков может косвенно влиять на автомобильные аварии. В работе [Mark Anderson et al. \(2013\)](#) изучается вопрос о связи между легализацией медицинской марихуаны, дорожно-транспортными происшествиями и потреблением алкоголя. Данные о количестве ДТП были получены из FARS (Fatality Analysis Reporting System), о потреблении алкоголя из BRFSS (Behavioral Risk Factor Surveillance System). Для выявления зависимости ДТП от легализации авторы оценивают регрессию на логарифм переменной общего количества ДТП с помощью метода МНК. Аналогично авторы оценивают регрессию о влиянии легализации на потребление алкоголя. В результате исследователи получили следующие результаты: смертность от дорожно-транспортных происшествий падает на 8-11 процентов в первый же полный год после легализации наркотиков, отрицательная зависимость между введением закона и числом ДТП подтверждает еще одну гипотезу авторов о том, что марихуана и алкоголь являются субститутами. По мнению авторов снижение аварий может быть связано как с замещением потребления алкоголя на марихуану (легализация медицинской марихуаны связана с 7,2-процентным снижением числа дорожно-транспортных происшествий, в которых не было зарегистрировано никакого участия алкоголя, но результат не является значимым), так и с отсутствием во многих штатах употребления марихуаны в общественных местах, что косвенно

вызывает снижение поездок людей в пабы за алкоголем или наркотиками.

Основной исследовательский вопрос статьи [Brinkman and Mok-Lamme \(2019\)](#) влияние легализации марихуаны на уровень преступности на основе данных о количестве диспансеров марихуаны и уровня преступности в районе размещения данных пунктов в городе Денвер, штат Колорадо. Для ответа на вопрос авторы использовали модель двухшагового-МНК (TSLS) с фиксированными эффектами времени, оценивая регрессией первого порядка изменение количества диспансеров на 10 000 человек за год в зависимости от удаленности от других административных единиц и от крупных шоссе, таким образом, решая проблему эндогенности (влияние спроса на количество таких пунктов). Регрессией второго шага оценивается изменение количества преступлений на 10 000 человек в год в зависимости от изменения количества диспансеров на 10 000 человек и других контрольных переменных: уровень бедности, раса, уровень занятости населения, «полезная площадь» района (плотность школ, больниц). В результате авторы пришли к выводу, что открытие дополнительного диспансера снижает уровень преступности в данном районе на 19%, что согласуется с теорией, согласно которой легализация марихуаны способствует вытеснению незаконных криминальных организаций.

В соответствии с теорией [Becker \(1968\)](#) декриминализация рынка наркотиков способствует исчезновению криминальных наркоторговцев так же, как это произошло на рынке алкоголя, что сократит «почву» для преступности. Подтверждение данного факта (в частности, с точки зрения изнасилований и краж) стало главным исследовательским вопросом [Dragone et al. \(2019\)](#). Авторы используют модель Difference-in-Spatial-Discontinuity (DID-SRD) на основе данных о потреблении марихуаны, наркотиков и алкоголя, которые публично доступны только в средних величинах за 2010-2012 и 2012-2014 года, и количестве преступлений по видам на 100 000 человек в соседних штатах Вашингтон и Орегон (в штате Вашингтон закон о декриминализации был принят на 2 года раньше, чем в штате Орегон). Авторы отмечают схожесть штатов по основным контрольным характеристикам: географическим, экономическим, институциональным, а также отношению в обществе к легализации марихуаны. В результате авторы статьи пришли к следующим выводам: легализация марихуаны привела к сокращению количества изнасилований на 30% в 2012- 2014 годах по сравнению с 2010-2012 годами или на 4,2 случая на 100 000 человек, а количество краж сократилось на 20% или на 105,6 случаев на 100 000 человек. Также авторы обнаружили статистически значимое сокращение в потреблении крепкого алкоголя - на 20%, и других наркотических средств - на 5%.

Анализом увеличения смертности от различных причин занимались [Case and Deaton \(2017\)](#). Авторы анализируют экономические, культурные и социальные взаимосвязи, которые могли стать причиной роста смертности от передозировки наркотиками, суицидов и алкоголя при снижении смертности от рака и сердечно-сосудистых заболеваний среди белого населения среднего возраста. Исследователи отмечают, что смертность в данной возрастной группе возрастает как у мужчин, так и у женщин, чье образование не превышает уровня старшей школы. Также, с тех пор как с середины 1990 проводятся опросы о наличии хронической боли и психическом расстройстве, количество положительных ответов среди белого населения среднего возраста не прекращает расти. Для сравнения динамики авторы используют когортный анализ.

Общественные выгоды для здоровья населения от легализации марихуаны можно выразить также в снижении суицидов. [Anderson et al. \(2014\)](#) анализируют связь между MML и долей суицидов на 100 000 человек за период с 1990 по 2007 года. Для анализа используются регрессии пула и регрессии с фиксированными эффектами. При учете индивидуальных и временных эффектов оцениваемая взаимосвязь является незначимой. При контроле на экономические условия и другую значимую политику (например, запрет на вождение в нетрезвом виде) легализация снижает общее количество суицидов почти на 7% на 5% уровне значимости. При добавлении линейного временного тренда эффект является статистически незначимым. Авторы также рассматривают наличие эффекта в гендерных и возрастных группах. Значимые результаты по каждой из трех моделей были получены для мужчин в возрастных группах от 20 до 29, и от 30 до 39 лет. В среднем снижение произошло на 10,7% (от 9,2% до 10,8%; от 9,4% до 13,7% - для соответствующих групп с использованием разных моделей).

Одна из последних работ [Chan et al. \(2019\)](#) выявила значимую отрицательную связь между RML и уровнем смертности от опиоидов. Заслуга авторов заключается в том, что в отличие от предыдущих исследований, оценивавших влияние MML с помощью метода разность разностей, они оценивают эффект именно от RML таким же методом. Авторы оценивают регрессии с учетом введения закона и старте продаж марихуаны в диспансерах, контролируя на демографические и социально-экономические характеристики: доход, раса, пол, возрастная структура, уровень безработицы на уровне штата, а также на другие факторы: наличие закона, ограничивающего выписывание опиоидов, наличие программы мониторинга выписанных рецептов, величина собранных пивных акцизов. Эффект составил снижение смертности на 21% от всех опиатов и выписанных опиоидов, и снижение смертности на 33% от синтетических опиоидов. Также подтверждаются результаты предыдущих исследований о снижении смертности от опиоидов относительно MML, но значимый эффект выявляется для доступа через диспансеры.

Данные

Описание переменных

Панельные данные содержат информацию о 50 штатах и округе Колумбия на протяжении 21 года с 1999 по 2018. Зависимыми переменными являются `all_drug_death_hm`, количество смертей от всех видов наркотических средств на 100 000 человек в *i*-ом штате в *t*-ом году, включающие непреднамеренные (случайные) смерти, самоубийства в состоянии наркотического опьянения, убийства в состоянии наркотического опьянения (соответствуют кодам X40-X44, X60-X64, X85, Y10-Y14 международной классификации болезней 10 пересмотра), `all_opioid_d`, количество смертей от опиоидов на 100 000 человек в *i*-ом штате в *t*-ом году (соответствуют кодам T40.0, T40.1, T40.2, T40.3, T40.4 МКБ-10)⁵.

Переменными, отражающими главное исследуемое воздействие - принятие законов о легализации марихуаны, являются `med` - бинарная переменная, равная 1, если в *i*-штате в году *t* действует закон о легализации в медицинских целях, и `res` -

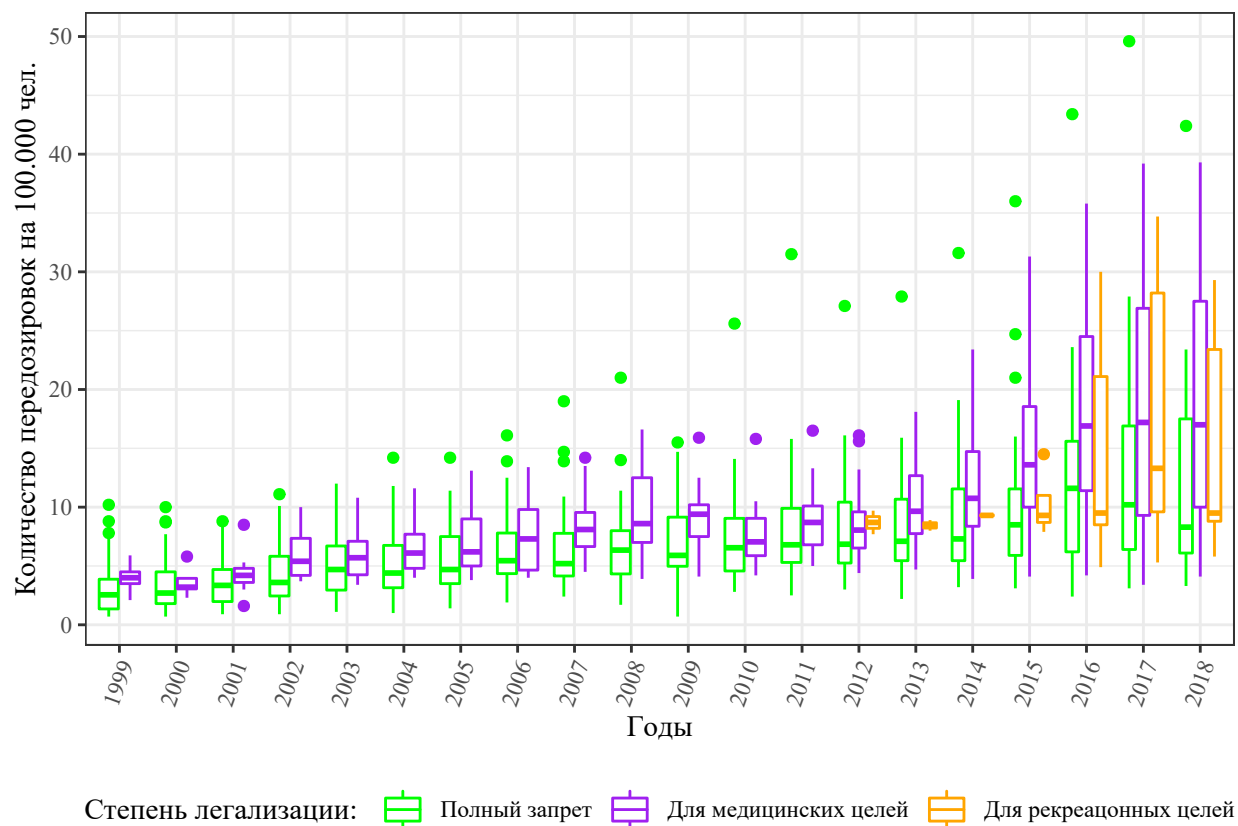
⁵WONDER

равная 1, если в i -штате в году t действует закон о легализации в рекреационных целях. Для контроля косвенного влияния легализации марихуаны были использованы переменные `med_neighbors` и `rec_neighbors`, соответствующие количеству штатов-соседей, в которых действует закон о легализации в медицинских или рекреационных целях соответственно, у i -штата в году t . Согласно данным Центра по санитарно-эпидемиологическому контролю и надзору (CDCP) в Соединенных Штатах наблюдается рост количества смертей от передозировки опиоидными наркотическими веществами, приобретенными по рецепту, также выросло число рецептов, используемых посторонними лицами, или с большей дозировкой на 117% с 2005 по 2011 год. Таким образом, контроль над назначением опиоидов по рецептам позволит сдерживать распространение “опиоидной эпидемии”. PDMP - электронная система мониторинга в штатах, содержащая информацию по отпуску наркотических веществ фармацевтическими учреждениями и лечащими врачами, позволяющая отслеживать немедицинское потребление наркотических веществ, распространение которых контролируется законом. Появление данной системы в i -штате в году t отражено в регрессоре `pdmp` ([The Pew CT](#)). Еще одним регрессором, отражающим распространение рецептов на опиоидные наркотические вещества, выступает `prescr_rate`, который показывает количество выданных рецептов на 100 человек в i -штате в году t . Данные по последней переменной доступны за 2006-2019 года.

В качестве контрольных характеристик выступают следующие: 1) макроэкономические: `gdp_per_cap`, реальный ВВП на душу населения, \$; `income_per_cap`, персональный доход на душу населения, \$ ([BEA](#)); уровень безработицы ([ICIP](#)), %; уровень бедности ([Census](#)), %; 2) демографические и географические: `population`, население, чел.; `age_0_14`, `age_15_24`, `age_25_44`, `age_45_59`, `age_60_more` - доля населения в соответствующем возрасте, %; `northeast`, `midwest`, `south`, `west` - бинарная переменная, отражающая принадлежность штата к указанному региону; `percent_male` - доля мужчин в общей численности населения, %; `percent_black` - доля темнокожего населения, %; `percent_hisp_origin` - доля населения латиноамериканского происхождения ([Census](#)), %; 3) прочие: `alco_consumption` - потребление алкоголя на душу населения ([openICPSR](#)), галлонов; `violent_crime_on100k` - уровень насильственной преступности (изнасилования, убийства и тд) на 100 тысяч человек; `property_crime_on100k` - уровень преступности против частной собственности (кражи, порча имущества, вандализм и тд) на 100 тысяч человек; `total_crime_on100k` - общий уровень преступности на 100 тысяч человек ([FBI](#)).

Предварительный анализ

Рис. 1: Динамика количества передозировок опиоидами



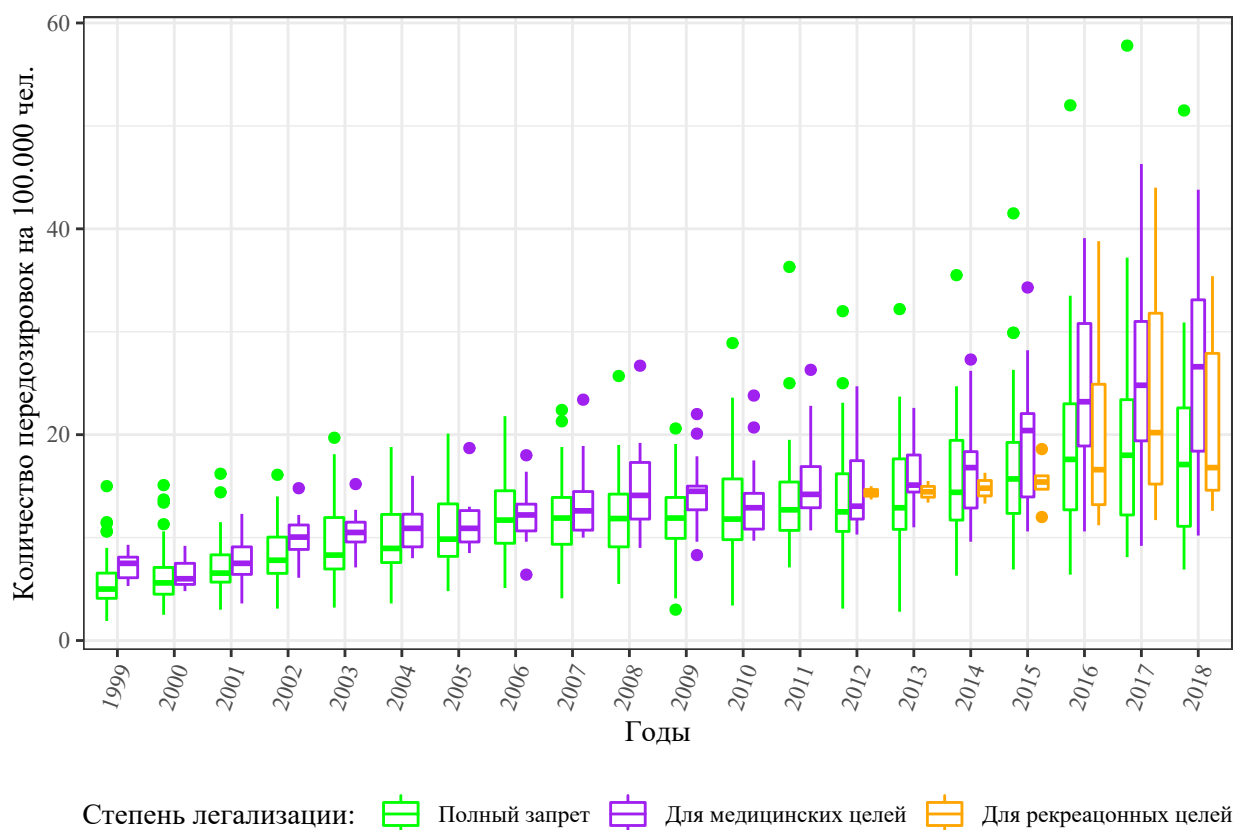
Графический анализ данных (Рис.1,2) отражает тенденцию роста смертности от передозировки наркотиками с 1999 по 2017 года. Зеленым цветом показана тенденция изменения смертности от передозировки наркотическими веществами до принятия в штате закона о легализации марихуаны на каком-либо уровне: в медицинских целях или в рекреационных. Последние два факта отражены на графиках фиолетовым и оранжевым цветом соответственно. Во многих штатах наблюдается резкое увеличение коэффициента смертности после легализации марихуаны на одном из уровней - это Делавэр, Массачусетс, Коннектикут, Нью-Гэмпшир, Нью-Джерси в 2014-2017 годах. Однако резкий рост смертности наблюдается и в некоторых штатах до принятия данного закона: Огайо в 2011-2014 годах, Пенсильвания 2010-2016 годах.

Из корреляционной матрицы (см. Приложение) видна положительная зависимость между смертностью от опиоидов и количеством соседей с легализованной марихуаной как в медицинских целях, так и рекреационных. Аналогичную положительную связь можно наблюдать и в случае смертности от всех наркотиков. Также можно наблюдать связь между смертностью от наркотиков (всех или только опиоиды) и личным доходом человека в штате: большим доходам соответствует большая смертность. Также стоит учесть географический факт: из Мексики в США идёт контрабанда наркоти-

ков, что может оказать более сильное влияние на масштабы потребления наркотиков и соответственно смертность. В связи с этим рассмотрим классическое разделение штатов по регионам: Запад (west), Средний запад (midwest), Юг (south), Северный восток (northeast). Важные факторы, на который также стоит проконтролировать: демографический состав штата - доли возрастных групп в штате, доля мужского населения, процент темнокожих и людей латинского происхождения.

По нашему мнению, также стоит рассматривать ситуацию у соседей, легализующих марихуану в тех или иных целях. Люди могут начать ездить в данные соседние штаты, тем самым оказывая влияние на уровень потребления и соответственно смертности от опиатов. Гавайи и Аляска, чьё местоположение отделено от других штатов, выделяются на фоне общего тренда большого роста по Америке в целом.

Рис. 2: Динамика количества передозировок всеми типами наркотиков



Модели и результаты

В рамках тестирования исследовательских гипотез нами было построено несколько спецификаций моделей в зависимости от используемых объясняющих переменных: (1) базовая модель, включающая переменные о действующем законе `med` и `res`, переменную о наличии мониторинговой системы `rdmp` и вектор контрольных переменных; (2) расширенная модель, в дополнении к базовой модели используются переменные

med_neighbors и rec_neighbors, отражающие косвенное влияние - легализация марихуаны в соседних штатах. В качестве зависимых переменных были выбраны all_opioid_d и all_drug_death_hm.

Мы выдвигаем гипотезу, что важным фактором, влияющим на смертность от передозировок наркотиками и не учитываемом в предыдущих работах, является принятие решения о легализации только на уровне штата. Может оказаться, что в штате, запрещающем использование марихуаны, будет повышенная смертность от передозировок из-за того, что в соседних штатах легализация была осуществлена. Идеальный вариант для тестирования различия между контрольной группой и группой воздействия состоит в том, что эффект легализации в условном штате А не оказывает влияния на соседний с ним штат В, но эта ситуация кажется неправдоподобной из-за экономической интегрированности регионов США. Можно предполагать, что штат, легализующий марихуану, упрощает доступ к наркотикам также и для соседних штатов. Этот факт может приводить к недооценке изменения в смертности за счёт невозможности проведения “чистого” сравнения, и поэтому заслуживает внимания. Для проверки гипотезы мы построили матрицу смежности $S_{(51 \times 51)}$ для штатов, в которой “1” означает наличие общей границы, “0” - отсутствие общей границы (на главной диагонали также стоят нули). Для каждого рассматриваемого года было построен вектор легализации марихуаны для медицинских целей $M_{t,51 \times 1}$ и вектор легализации марихуаны для рекреационных целей $R_{t,51 \times 1}$. Таким образом количество соседей, легализовавших марихуану для медицинского или рекреационного использования для i -го штата в период t , определяется как $S_i * M_t$ и $S_i * R_t$ соответственно.

Базовая модель выглядит так:

$$mort_{it} = \beta_1 * med_{it} + \beta_2 * rec_{it} + controls'_{it} * \beta + \epsilon_{it} \quad (1)$$

Расширенная модель выглядит так:

$$mort_{it} = \beta_1 * med_{it} + \beta_2 * rec_{it} + \beta_3 * med_neighbors_{it} + \beta_4 * rec_neighbors_{it} + controls'_{it} * \beta + \epsilon_{it} \quad (2)$$

В следующих параграфах приведены результаты оценивания для двух различных зависимых переменных.

Смертность, вызванная передозировкой наркотическими веществами

Результаты оценивания базовой и расширенной моделей, в которых зависимой переменной является коэффициент смертности от всех видов наркотических веществ, представлены в таблице 1. Для базовой (1) и расширенной (2) моделей и зависимой переменной all_drug_death_hm по тесту Бреуша-Пагана p-value очень мало - на любом уровне значимости предпочитается модель со случайными эффектами по сравнению с pooled. Тест Хаусмана показал, что ОМНК-оценки модели со случайными эффектами несостоятельны (P-value очень мало, то есть принимаем H1). Таким образом, модель с фиксированными эффектами лучше модели со случайными эффектами. Выбирая между моделью FE+time и FE наш выбор падает на модель без временных эффектов, так как коэффициенты при этих переменных незначимы и факт их добавления не оправдан.

Согласно результатам базовой модели коэффициент при переменной *med* является значимым на 1% уровне и свидетельствует о повышении смертности от передозировки наркотическими веществами при принятии закона о MML на 4 случая на 100 000 человек. Наличие же в штате системы электронного мониторинга распространения рецептов снижает смертность на 2 случая на 100 000 человек, являясь также значимой на уровне 1%.

Для расширенной модели результаты сохраняются: коэффициенты при обеих выше описанных переменных остаются значимыми на 1% уровне и сохраняют знак. Значимой также оказалась и добавленная переменная, отражающая количество соседних штатов, в которых действует закон MML: легализация в соседнем штате повышает смертность от передозировки наркотическими веществами в рассматриваемом штате на 2 случая на 100 000 человек, что может свидетельствовать о “перетягивании” рынка распространения марихуаны в соседний штат.

Смертность, вызванная передозировкой опиоидов

Для базовой модели (1) и зависимой переменной *all_opioid_d* согласно тесту Бреуша-Пагана модель со случайными эффектами является предпочтительнее *pooled*-модели. При этом тест Хаусмана показал, что ОМНК-оценки модели со случайными эффектами не состоятельны. Таким образом, модель с фиксированными эффектами лучше модели со случайными эффектами. Выбирая между моделью FE+time и FE наш выбор падает на модель без временных эффектов, так как коэффициенты при этих переменных незначимы и факт их добавления не оправдан.

Результаты оценивания моделей представлены в таблице 1. Аналогично модели (1) из предыдущего пункта коэффициент при переменной MML значимым. При прочих равных условиях с введением закона MML уровень смертности от передозировки опиоидами увеличивается на 6 случаев на 100 000 человек. Система электронного мониторинга распространения рецептов способствует снижению уровня смертности на 3,32 случая на 100 000 человек.

Следующим подходом к тестированию гипотезы H2 является модель (2), учитывающая влияние наличия легализации наркотиков в соседних штатах. Спецификационные тесты показали, что лучшим подходом для оценки регрессии (2) является модель с фиксированными эффектами. Введение закона о MML по-прежнему значимо влияет на уровень смертности от передозировки опиоидами. Коэффициент при дополнительно введенной переменной *med_neighbors* оказался значимым на 1% уровне, что показывает рост смертности от передозировки опиоидами при введении MML штате при прочих равных условиях.

Таким образом, проанализировав четыре рассмотренные модели, можно увидеть значимое положительное влияние MML на смертность как от опиоидов, так и от всех наркотиков в целом. Более того, на смертность сказывается и количество соседей с MML. В это же время RML не сказалась на смертности. Важно отметить, что электронный мониторинг выписанных наркотических средств по рецепту снижает смертность, что говорит о её эффективности и важности для снижения смертности от опиоидов и наркотиков в целом. Интересно отметить стабильные коэффициенты контрольных переменных: персональный доход не оказал влияния на уровни смертности, безработица

оказала отрицательное влияние (возможно, люди озабочены поиском работы и интерес к наркотикам ниже). Также большему количеству мужчин и меньшему количеству темнокожих соответствуют соответствующие большие уровни смертности. Коэффициенты при возрастных группах для нас оказались загадкой: возможно тайна их интерпретации будет раскрыта в будущих исследованиях.

Таблица 1: Предпочтительные модели

	<i>Dependent variable:</i>			
	All drugs overdoses		All opioids overdoses	
	FE base	FE spacial	FE+time base	FE spacial
	(1)	(2)	(3)	(4)
med	4.43*** (1.15)	3.56*** (0.95)	4.87*** (1.49)	4.93*** (1.37)
rec	1.89 (2.31)	2.23 (2.04)	3.33 (3.02)	4.01 (3.15)
pdmp	-2.34*** (0.68)	-1.75*** (0.56)	-2.60*** (0.80)	-2.37*** (0.65)
med_neighbors		1.75*** (0.39)		2.82*** (0.56)
rec_neighbors		0.23 (0.64)		-0.61 (0.93)
total_crime_on100k	-0.001 (0.001)	-0.001* (0.001)	-0.002** (0.001)	-0.002* (0.001)
income_per_cap	-0.0001 (0.0001)	-0.0002 (0.0001)	0.0002 (0.0003)	-0.0001 (0.0002)
alco_consumption	-4.79 (3.23)	-4.70 (2.97)	-4.86 (4.71)	-8.30* (4.37)
unemployment	-0.50*** (0.11)	-0.48*** (0.10)	0.28 (0.35)	-0.61*** (0.13)
Controls	<i>Yes</i>	<i>Yes</i>	<i>Yes</i>	<i>Yes</i>
Observations	900	900	900	900
R ²	0.67	0.70	0.23	0.65
Adjusted R ²	0.64	0.68	0.16	0.62
F Statistic	119.52***	121.57***	17.60***	97.22***

Note:

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

Метод разность разностей

Для выявления возможной причинно - следственной связи между степенью легализации и уровнем смертности от передозировок наркотиками мы используем метод разность разностей. Методология, предложенная в статье [Ball and Sheridan \(2004\)](#), отвечает рассматриваемой нами ситуации, поэтому мы будем отталкиваться от неё.

Главная проблема для оценивания состоит в том, что штаты легализовали марихуану в разные временные промежутки. MML впервые произошла в Калифорнии в 1996 году, а последними по дате легализации штатами, в рассматриваемых нами данных, являются Арканзас и Флорида (2017). Из-за этого довольно трудно сформировать тритмент группу. Первая RML случилась в Колорадо и Вашингтоне в 2012, а последняя – в 2017 в Мэне и Неваде. На Рис.3 представлены временные шкалы для всех штатов с указанием года легализации и силы, вступившего закона. Первый вопрос, на который мы хотим ответить: Как влияет переход от полного запрета к MML? Для оценивания нельзя использовать простое изменение средних для периода до и после воздействия главным образом из-за того, что в данных присутствует довольно резкий рост смертности от опиоидов, начавшийся приблизительно в 2010-2011 годах. Выбрав штаты с ранней легализацией можно получить сильно смещённую оценку эффекта воздействия. Поэтому, в контрольную группу войдут штаты, осуществившие легализацию не раньше 2010 года (таких всего 17). Для контрольной группы временной точкой, в которой происходит условный переход от отсутствия воздействия к воздействию будем считать среднее из дат перехода для группы воздействия – 2013. Подчёркнём, что переход условный. Период, за который происходит усреднение до воздействия определяется, как $(1996 : med_leg_date)$, а усреднение после воздействия происходит для периода $(med_leg_date : rec_leg_date/2018)$

Базовая модель выглядит так:

$$\Delta \bar{mort}_i = \beta_0 * \beta_1 * status_i + \epsilon_i \quad (3)$$

где:

$$\Delta \bar{mort}_i = \bar{mort}_{1i} - \bar{mort}_{0i} \quad (4)$$

В данных обозначениях $status_i$ – это принадлежность к группе воздействия. Для RML:

$$status_i = \begin{cases} 1 & , \text{ в штате } i \text{ осуществлялся переход к MML} \\ 0 & , \text{ в штате } i \text{ не было перехода к MML} \end{cases} \quad (5)$$

Рис. 3: Временная шкала вступления в силу закона о легализации



Результаты оценивания приведены в Табл.1. Можно заметить, что результаты не отличаются от наших предыдущих выводов, MML приводит к росту смертности от передозировок всеми видами наркотиков и росту смертности от передозировок опиои-

дами.

Таблица 2: DD оценивание влияния легализации использования марихуаны в медицинских целях

	<i>Dependent variable:</i>	
	delta_mort	delta_opioid_mort
	(1)	(2)
status	5.122*** (1.852)	8.136*** (2.670)
Constant	6.780*** (1.083)	7.251*** (1.514)
Observations	38	38
R ²	0.182	0.214
Adjusted R ²	0.159	0.192
Residual Std. Error (df = 36)	5.548	7.962
F Statistic (df = 1; 36)	8.009***	9.810***

Note:

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

Второй вопрос, представляющий интерес: Как влияет переход к RML от полного запрета? К сожалению, ответить на этот вопрос прямо в условиях DD не представляется возможным, поскольку все штаты осуществляли переход к RML от MML. Но можно оценить изменение смертности при переходе от MML к RML. Период, за который происходит усреднение до воздействия определяется, как (2010 : *rec_leg_date*), а усреднение после воздействия происходит для периода (*rec_leg_date* : 2018). В контрольную группу войдут штаты, для которых весь период 2010 : 2018 действовала MML и Делавэр (для него MML действовала 8 из 9 лет). В группу воздействия попадают все штаты, осуществившие переход от MML к RML. Теперь $status_i$ определяется как:

$$status_i = \begin{cases} 1 & , \text{ в штате } i \text{ осуществлялся переход к RML} \\ 0 & , \text{ в штате } i \text{ не было перехода к RML} \end{cases} \quad (6)$$

Результаты оценивания оказываются незначимыми, поэтому нельзя делать вывод, что переход от MML к RML как-то изменяет ситуацию с количеством передозировок опиатами или любыми другими наркотиками.

Выводы

В данном проекте мы оценили влияние легализации на смертность от передозировок наркотическими веществами и опиоидами. Нами были использованы различные эконометрические подходы. Для тестирования поставленных гипотез мы использовали

модель с фиксированными эффектами. Результаты показали положительное влияние MML на уровень смертности. Также мы предприняли попытку оценить эффект с помощью метода разность разностей, получив такой же значимый результат, как при предшествующем моделировании. Данный вывод не согласуется с результатами предыдущих исследований. Возможное объяснение получившегося результата заключается в том, что любая легализация упрощает доступ к наркотическим веществам. Дополнительный учёт пространственных эффектов даёт некоторое подтверждение этому выводу. Легализация, происходящая в соседнем штате, положительно влияет на смертность от передозировок в самом штате.

Мы получили незначимый результат при анализе эффекта от перехода от легализации марихуаны в медицинских целях к легализации марихуаны в рекреационных целях. Это может быть свидетельством того, что важен сам факт легализации, а не её степень.

Источником возможных проблем полученных нами оценок влияния скорее всего выступают пропущенные или ненаблюдаемые характеристики. Другим аспектом является отсутствие влияния факторов, влияющих на изменение предложения как марихуаны, так и опиоидов. В связи с легализацией марихуаны мог вырасти оборот и других наркотических препаратов.

При этом важным наблюдением проведенного анализа является отрицательное влияние наличия в штате системы электронного мониторинга распространения врачебных рецептов, снижающей смертность от передозировок. Данный результат дает возможность предположить отрицательное влияние легализации медицинской марихуаны на смертность при надлежащем контроле врачебной деятельности, что может быть вопросом новых исследований.

Приложение

Рис. 4: Количество смертей от передозировок опиоидами (на 100 000 населения штата)

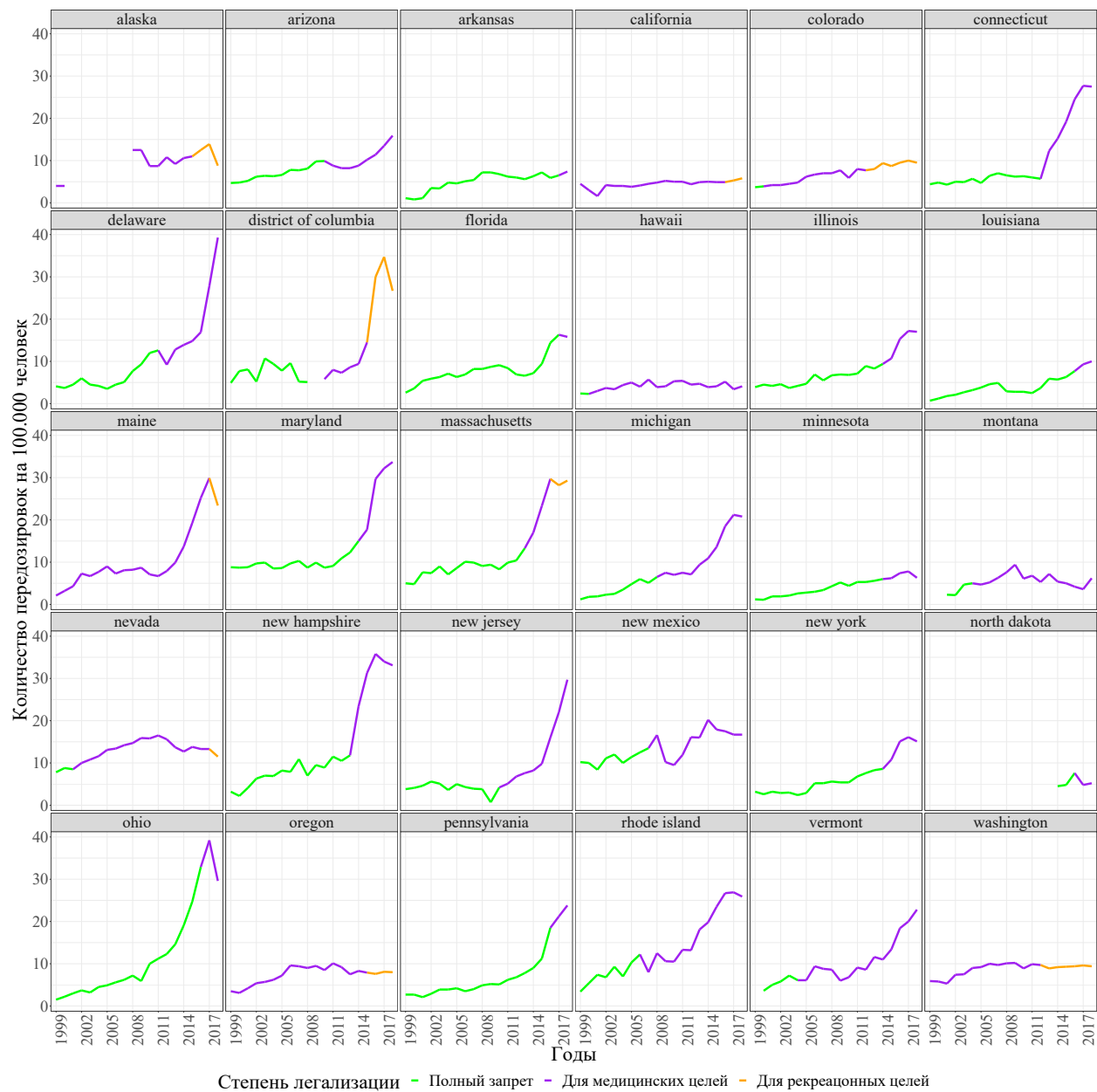


Рис. 5: Корреляционная матрица

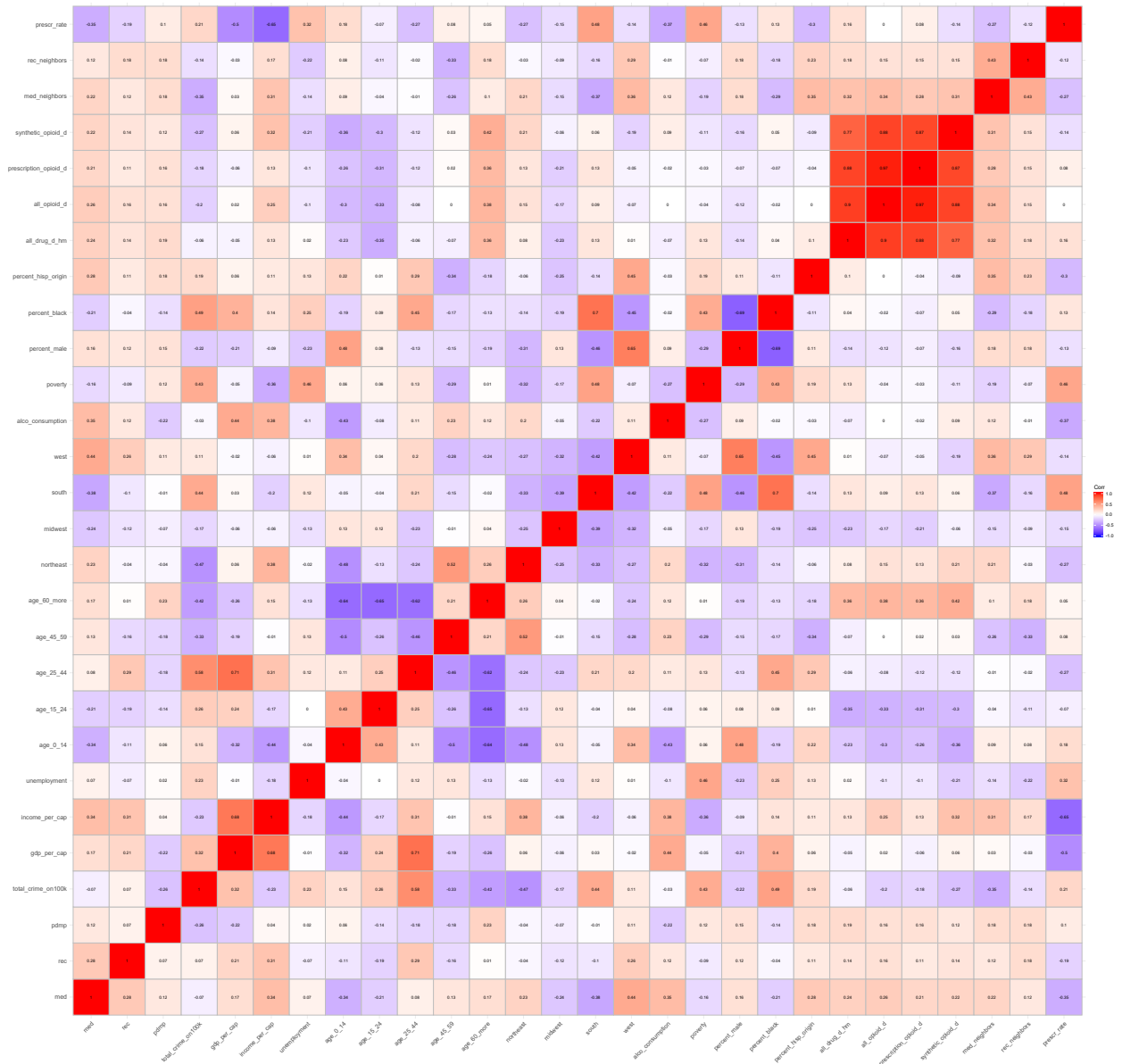


Таблица 3: Базовая модель

	<i>Dependent variable:</i>			
	Pooled	All drugs overdoses		RE
		FE	FE+time	
	(1)	(2)	(3)	(4)
med	2.45** (1.05)	4.43*** (1.15)	3.57*** (1.01)	3.87*** (1.01)
rec	1.13 (2.70)	1.89 (2.31)	1.83 (1.97)	0.31 (2.25)
pdmp	1.15 (1.06)	-2.34*** (0.68)	-1.85*** (0.65)	-1.85*** (0.65)
total_crime_on100k	0.001 (0.001)	-0.001 (0.001)	-0.001** (0.001)	0.0003 (0.001)
income_per_cap	0.0002*** (0.0001)	-0.0001 (0.0001)	-0.0001 (0.0001)	0.0002* (0.0001)
alco_consumption	-0.81 (1.53)	-4.79 (3.23)	-1.98 (2.99)	-2.59 (1.92)
unemployment	0.30 (0.20)	-0.50*** (0.11)	0.34 (0.21)	-0.27** (0.12)
northeast	-2.31 (2.53)			1.04 (4.03)
midwest	-3.08 (2.03)			-2.14 (2.69)
south	1.25 (2.45)			2.74 (2.84)
Constant	136.15* (71.01)			-33.39 (100.22)
Controls	<i>Yes</i>	<i>Yes</i>	<i>Yes</i>	<i>Yes</i>
Observations	900	900	900	900
R ²	0.39	0.67	0.23	0.61
Adjusted R ²	0.38	0.64	0.15	0.61
F Statistic	33.07***	119.52***	17.40***	1,394.34***

Note:

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

Таблица 4: Базовая модель

	<i>Dependent variable:</i>			
	All opiates overdoses			
	Pooled	FE	FE+time	RE
	(1)	(2)	(3)	(4)
med	4.66*** (1.40)	6.41*** (1.71)	4.87*** (1.49)	5.78*** (1.52)
rec	2.15 (3.82)	3.48 (3.57)	3.33 (3.02)	1.87 (3.52)
pdmp	0.48 (0.92)	−3.32*** (0.78)	−2.60*** (0.80)	−2.59*** (0.72)
total_crime_on100k	−0.0005 (0.001)	−0.001 (0.001)	−0.002** (0.001)	0.0000 (0.001)
income_per_cap	0.0003*** (0.0001)	0.0001 (0.0002)	0.0002 (0.0003)	0.0003* (0.0002)
alco_consumption	−0.80 (1.92)	−8.52* (4.93)	−4.86 (4.71)	−3.60 (2.56)
unemployment	0.08 (0.23)	−0.61*** (0.15)	0.28 (0.35)	−0.40** (0.17)
northeast	−1.36 (2.47)			2.02 (4.60)
midwest	−1.14 (2.38)			−0.39 (3.21)
south	5.32** (2.71)			6.37* (3.50)
Constant	158.26* (83.39)			2.69 (134.81)
Controls	<i>Yes</i>	<i>Yes</i>	<i>Yes</i>	<i>Yes</i>
Observations	900	900	900	900
R ²	0.38	0.59	0.23	0.54
Adjusted R ²	0.37	0.56	0.16	0.53
F Statistic	31.68***	87.34***	17.60***	1,034.80***

Note:

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

Таблица 5: Влияние пространственных эффектов

	<i>Dependent variable:</i>			
	Pooled	All drugs overdoses		RE
		FE	FE+time	
	(1)	(2)	(3)	(4)
med	2.49** (1.01)	3.56*** (0.95)	3.17*** (0.89)	3.08*** (0.90)
rec	1.48 (2.16)	2.23 (2.04)	2.03 (1.85)	0.54 (1.99)
pdmp	1.24 (0.91)	-1.75*** (0.56)	-1.45*** (0.55)	-1.41** (0.58)
med_neighbors	1.80*** (0.50)	1.75*** (0.39)	1.49*** (0.37)	1.53*** (0.36)
rec_neighbors	0.03 (1.08)	0.23 (0.64)	-0.12 (0.63)	-0.59 (0.76)
total_crime_on100k	0.001* (0.001)	-0.001* (0.001)	-0.001** (0.001)	0.0002 (0.001)
income_per_cap	0.0001 (0.0001)	-0.0002 (0.0001)	-0.0002 (0.0002)	0.0001 (0.0001)
alco_consumption	-1.56 (1.37)	-4.70 (2.97)	-2.73 (2.87)	-2.55 (1.81)
unemployment	0.26 (0.20)	-0.48*** (0.10)	0.16 (0.20)	-0.26** (0.11)
northeast	-0.06 (2.74)			1.17 (3.96)
midwest	-0.34 (2.11)			-1.09 (2.68)
south	3.44 (2.38)			4.04 (2.65)
Constant	66.70 (80.11)			-35.25 (96.48)
Controls	<i>Yes</i>	<i>Yes</i>	<i>Yes</i>	<i>Yes</i>
Observations	900	900	900	900
R ²	0.44	0.70	0.29	0.65
Adjusted R ²	0.43	0.68	0.21	0.64
F Statistic	37.03***	121.57***	20.51***	1,601.49***

Note:

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

Таблица 6: Влияние пространственных эффектов

	<i>Dependent variable:</i>			
	All opiates overdoses			
	Pooled	FE	FE+time	RE
	(1)	(2)	(3)	(4)
med	4.70*** (1.27)	4.93*** (1.37)	4.17*** (1.28)	4.52*** (1.31)
rec	2.75 (3.15)	4.01 (3.15)	3.55 (2.82)	2.30 (3.08)
pdmp	0.60 (0.83)	-2.37*** (0.65)	-1.97*** (0.68)	-1.92*** (0.68)
med_neighbors	2.51*** (0.58)	2.82*** (0.56)	2.34*** (0.51)	2.51*** (0.49)
rec_neighbors	-0.86 (1.36)	-0.61 (0.93)	-1.10 (0.93)	-1.65 (1.10)
total_crime_on100k	0.0003 (0.001)	-0.002* (0.001)	-0.002** (0.001)	-0.0000 (0.001)
income_per_cap	0.0002 (0.0001)	-0.0001 (0.0002)	0.0000 (0.0002)	0.0002 (0.0002)
alco_consumption	-1.84 (1.67)	-8.30* (4.37)	-6.02 (4.43)	-3.87* (2.31)
unemployment	0.01 (0.21)	-0.61*** (0.13)	-0.02 (0.32)	-0.39*** (0.15)
northeast	1.54 (2.67)			2.15 (4.70)
midwest	2.44 (2.52)			1.26 (3.22)
south	8.16*** (2.74)			7.99** (3.29)
Constant	67.44 (92.98)			-6.69 (133.23)
Controls	<i>Yes</i>	<i>Yes</i>	<i>Yes</i>	<i>Yes</i>
Observations	900	900	900	900
R ²	0.45	0.65	0.31	0.60
Adjusted R ²	0.44	0.62	0.24	0.59
F Statistic	38.44***	97.22***	23.06***	1,315.68***

Note:

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

Список литературы

- A. E. Alpert, W. N. Evans, E. M. Lieber, and D. Powell. Origins of the opioid crisis and its enduring impacts. Technical report, National Bureau of Economic Research, 2019.
- D. M. Anderson, D. I. Rees, and J. J. Sabia. Medical marijuana laws and suicides by gender and age. *American journal of public health*, 104(12):2369–2376, 2014.
- L. M. Ball and N. Sheridan. Does inflation targeting matter? In *The inflation-targeting debate*, pages 249–282. University of Chicago Press, 2004.
- G. S. Becker. Crime and punishment: An economic approach. In *The economic dimensions of crime*, pages 13–68. Springer, 1968.
- J. Brinkman and D. Mok-Lamme. Not in my backyard? not so fast. the effect of marijuana legalization on neighborhood crime. *Regional Science and Urban Economics*, 78:103460, 2019.
- A. Case and A. Deaton. Mortality and morbidity in the 21st century. *Brookings papers on economic activity*, 2017(1):397–476, 2017.
- N. W. Chan, J. Burkhardt, and M. Flyr. The effects of recreational marijuana legalization and dispensing on opioid mortality. *Economic Inquiry*, 2019.
- D. Dragone, G. Prarolo, P. Vanin, and G. Zanella. Crime and the legalization of recreational marijuana. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 159:488–501, 2019.
- L. Jacobi and M. Sovinsky. Marijuana on main street? estimating demand in markets with limited access. *American Economic Review*, 106(8):2009–45, 2016.
- D. Mark Anderson, B. Hansen, and D. I. Rees. Medical marijuana laws, traffic fatalities, and alcohol consumption. *The Journal of Law and Economics*, 56(2):333–369, 2013.